

**Avaliação do potencial de imagens captadas com  
recurso a um veículo aéreo não tripulado – VANT,  
para monitorização do peso vivo em gado bovino**

**João Gonçalo Baudouin de Abreu**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Agronómica - Agropecuária**

Orientadores: Professor Doutor Ricardo Nuno da Fonseca Garcia Pereira Braga  
Professor Doutor André Martinho de Almeida

**Júri:**

Presidente: Professora Doutora Maria do Rosário da Conceição Cameira  
Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa  
Vogais:  
Professor Doutor Vasco Manuel Fitas da Cruz  
Professor Associado da Universidade de Évora  
Professor Doutor Ricardo Nuno da Fonseca Garcia Pereira Braga  
Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa



## Agradecimentos

Aos meus pais, por todo o esforço, entrega e apoio que me deram. Sem eles teria sido difícil concluir mais esta etapa.

Aos Professores Ricardo Braga e André Almeida, por todos os conselhos, ideias e por todo o acompanhamento ao longo destes meses de trabalho.

À Best-Farmer, por ceder sem hesitação as instalações, animais e equipamentos necessários a todas as fases deste estudo, e que em tanto contribuíram para melhorar o seu conteúdo. Um agradecimento especial ao Engenheiro Domingos Bastos, Doutor José Fraga, Engenheiro Carlos Frazão e Engenheiro António dos Santos.

À Volataria, pelo generoso empréstimo do *drone* utilizado para realizar as fotografias aéreas.

Ao banco Santander, pela bolsa de incentivo ao estudo atribuída, que permitiu garantir a continuidade dos meus estudos na passagem para mestrado.

## Resumo

As pesagens de gado bovino nas explorações são operações indispensáveis como auxiliar de tomada de decisão em vários contextos. Contudo, os métodos convencionais podem causar efeitos negativos nos animais como o stress. A adoção de um equipamento auxiliar como um *Drone* poderá providenciar mais valias na redução do tempo de trabalho, logística ou mão-de-obra.

Com vista à criação de um novo e inovador método de avaliação remota do peso de gado bovino com recurso a *Drones*, foram realizadas duas experiências.

Na primeira experiência, na qual foram efetuadas medições a 305 animais cruzados de Angus, tivemos como principal objetivo a criação de um modelo estatístico de previsão do peso vivo, com base nas medidas: comprimento do animal, largura da garupa, largura do peito e largura abdominal. As medidas referidas, foram efetuadas no software *ImageJ*, a partir de imagens captadas no momento da passagem à manga do respetivo indivíduo.

Na segunda experiência, já com o modelo criado, foram efetuados voos com um *Drone* equipado com câmara, procedendo-se à captação de imagens aéreas, com vista à validação do modelo estatístico, utilizando-se a técnica pretendida. Foram colocadas coleiras de marcação individual nos animais no momento da pesagem, associando cada uma delas ao número de identificação individual no Sistema Nacional de Registo de Bovinos (SNIRB), de forma a permitir avaliar a qualidade do ajustamento do modelo ao comparar o peso obtido através da equação de regressão e o peso real do animal.

Quando os requisitos para a fotografia aérea foram cumpridos, o modelo pôde ser validado para esta “raça” com um erro mínimo de 2,9%, ao comparar o peso vivo real de cada animal e o peso estimado correspondente, obtido pela aplicação do modelo, concluindo assim que poderemos de futuro estimar o peso vivo de animais a campo apenas com recurso a um *Drone*.

**Palavras-chave:** Bem-estar animal; Avaliação remota; Modelo preditor; *Drone*; Modelo

Estatístico  
IV

## **Abstract**

Weighing cattle on farms is a required operation in order to make conscious decisions in multiple areas. However, conventional methods can cause negative effects on animals such as stress. Using new tools such as Drones can help in reducing working time or even operational logistics.

Two different experiments were conducted to create a new and innovative method of evaluating cattle liveweight using Drones.

In the first experiment, 305 Angus crossbred animals were measured, and the main goal was to create a statistical model for live weight prediction, based on measurements of animal length, hip width, width at shoulders and abdominal width. The measurements were made using ImageJ software, directly from images captured while each animal was standing in the handling chute.

In the second experiment, using the model created previously, a Drone was sent up in the air, in order to capture aerial images, and try to validate the statistical model, using the technique. Individual marking collars were placed in the animals before weighing, relating each one of this collars to the individual Portuguese markings. This procedure was taken in order to evaluate the quality of the model adjustment when comparing the weight obtained by the regression equation and the actual liveweight of the animal.

When the requirements for aerial photography were met, we were able to validate the model for this “breed” with a minimum error of 2.9%, when comparing the expected liveweight predicted by the model and the real liveweight of each animal. Results lead to the conclusion that the technique is of interest and may easily be applied to predict cattle liveweight in field conditions.

**Keywords:** Animal welfare; Remote sensing; Predictor model; Drone; Statistical Model

# Índice

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>iii</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>iv</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>v</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>viii</b>
Lista de Quadros .....	ix
Lista de abreviaturas .....	x
1. Introdução .....	2
2. Hipóteses de investigação .....	4
3. Revisão Bibliográfica.....	5
3.1 Estimativa da Condição Corporal e dados biométricos .....	5
3.2 Dados biométricos .....	8
3.3 Estimativa de peso vivo.....	9
3.3.1 Método Direto.....	9
3.4 Relação Condição Corporal/Medidas/Peso Vivo.....	10
3.5 Influência de fatores de Stress no peso vivo .....	11
3.6 Drones.....	12
3.7 Zootecnia de Precisão - Contraste entre últimas inovações e racional deste trabalho.....	17
3.8 Raças Bovinas .....	18
4. Materiais e Métodos.....	22
4.1 Recolha de dados em massa.....	24
4.2 Análise de Imagem .....	28
4.3 Validação do método com recurso a Drones .....	29
5. Resultados e Discussão.....	34
5.1. Dados Válidos .....	34
5.2. Dados Rejeitados.....	34
5.3. Análise estatística .....	36
5.3.1. Regressão Múltipla em condições controladas .....	37
5.3.2. Dados válidos – Machos .....	38
5.3.3. Dados Válidos – Fêmeas .....	40
5.4. Correlações entre fatores .....	41
5.4.1. Relação entre fatores individuais e peso.....	42
5.5. Outliers / Fatores indutores de variância.....	46
5.6. Aplicação do método .....	47
5.6.1. Outliers / Fatores indutores de variância.....	55

6.	Conclusões finais sobre o modelo .....	61
7.	Perspetivas de futura investigação .....	62
	Referências Bibliográficas .....	63

## Lista de Figuras

Figura 1 - Condição corporal do gado bovino segundo a classificação americana. ....	6
Figura 2 - Drone quadricóptero. ....	13
Figura 3 - Drone hexacóptero. ....	13
Figura 4 - Drones na Segunda Guerra Mundial. ....	14
Figura 5 - Predator – Drone utilizado na busca de Osama Bin Laden. ....	15
Figura 6 - Módulo de pesagem Gallagher W610.....	24
Figura 7 - Módulo de pesagem Tru-Test XR5000.....	24
Figura 8 - Tronco de contenção Priefert.....	25
Figura 9 - Câmara fotográfica Canon 1200d.....	26
Figura 10 - Drone DJI Phantom 4 Pro.....	30
Figura 11 - Drone hexacóptero utilizado no estudo - Tarot 680 Pro.....	31
Figura 12 - Exemplos de coleiras de plástico, com marcação alfanumérica. ....	33
Figura 13 - Exemplo de fotografia desfocada por movimentação do animal. ....	35
Figura 14 - Animal com postura incorreta para efetuar medições.....	35
Figura 15 - Erro de focagem automática.....	36
Figura 16 - Gráfico de dispersão de pontos para regressão linear simples ....	42
Figura 17 - Gráfico de dispersão de pontos para regressão linear simples (peso/largura da garupa).....	43
Figura 18 - Gráfico de dispersão de pontos para regressão linear simples (peso/largura do peito).....	44
Figura 19 - Gráfico de dispersão de pontos para regressão linear simples (peso/largura abdominal).....	45
Figura 20 - Imagem aérea geral obtida pelo VANT.....	48
Figura 21 - Animal marcado com letra B.....	48
Figura 22 - Exemplo de calibração do software para efetuar as medições.....	49
Figura 23 - Exemplo de medição de comprimento total.....	50
Figura 24 - Exemplo de medição de largura do peito.....	51
Figura 25 - Exemplo de medição da largura da garupa. ....	52
Figura 26 - Exemplo de medição da largura abdominal.....	53
Figura 27 - Fração da fotografia aérea.....	57
Figura 28 - Traçado aproximado da linha central do animal sem coleira. ....	59
Figura 29 - Traçado aproximado da linha central e local de medição da largura abdominal .....	60



## Lista de Quadros

Quadro 1 - Estatística de Regressão considerando todos os dados válidos, sem discriminação do género do animal.....	37
Quadro 2 - Coeficientes de dados válidos, sem discriminação do género do animal. ....	37
Quadro 3 - Estatística de Regressão de dados referentes a machos. ....	38
Quadro 4 - Coeficientes de dados referentes a machos. ....	38
Quadro 5 - Estatística de Regressão de dados referentes a fêmeas. ....	40
Quadro 6 - Coeficientes de dados referentes a fêmeas. ....	40
Quadro 7 - Correlações entre fatores individuais. ....	41
Quadro 8 - Resultados da regressão linear simples (peso/comprimento).....	42
Quadro 9 - Resultados da regressão linear simples (peso/largura da garupa).....	43
Quadro 10 - Resultados da regressão linear simples (peso/largura do peito) ..	44
Quadro 11 - Resultados da regressão linear simples (peso/largura abdominal) .....	45
Quadro 13 - Resultados obtidos através da aplicação do modelo desenvolvido (indivíduo C).....	58
Quadro 14 - Resultados obtidos através da aplicação do modelo desenvolvido (indivíduo O).....	58
Quadro 15 - Resultados obtidos através da aplicação do modelo desenvolvido (indivíduo D).....	60

## **Lista de abreviaturas**

ANAC - Autoridade Nacional de Aviação Civil

BCS - Body Condition Scoring

CN/ha - Cabeças Normais por Hectar

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

GPS - Global Positioning System

NDVI - Normalized Difference Vegetation Index

RFID – Identificação por radiofrequência

SNIRB - Sistema Nacional de Registo de Bovinos

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

*“...When any scientific conclusion is supposed to be proved on experimental evidence, critics who still refuse to accept the conclusion are accustomed to take one of two lines of attack. They may claim that the interpretation of the experiment is faulty, that the results reported are not in fact those which should been expected had the conclusion drawn been justified, or that they might equally well have arisen had the conclusion drawn been false...”*

Fisher, R. (1935)

# 1. Introdução

A procura de sistemas mais eficazes, tanto do ponto de vista da sua conceção, bem como da sua manutenção e exploração, têm sido uma constante da evolução humana e, por conseguinte, também no âmbito das engenharias Zootécnica e Agronómica em que este trabalho de investigação se insere.

A redução do “trabalho” (menos energia por unidade de tempo) é, por conseguinte, um objetivo que qualquer modelo económico tenta alcançar, na busca de uma melhor e mais eficaz gestão de recursos disponíveis.

Desta forma, e no âmbito da zootecnia, temos assistido à implementação de novas técnicas de exploração com recurso a novas metodologias de análise e tratamento de dados, bem como de novas tecnologias de informação, para recolha e processamento destes mesmos dados, decisivos a uma gestão mais eficiente e imediata.

A utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) em explorações, como técnica auxiliar à zootecnia de precisão poderá constituir um meio adicional de rentabilização de recursos já disponíveis para usos agrícolas. Com efeito, equipamentos como os *drones* são auxiliares bastante dinamizados e vulgares nos nossos dias para a agricultura de precisão, podendo igualmente vir a desempenhar tarefas importantes no âmbito do manejo de gado bovino.

Contagens, deteção de partos, deteção de doenças ou mesmo estimativas de pesagem, são algumas das potencialidades dos VANT no âmbito das explorações pecuárias. Não obstante, o seu potencial ainda está longe de ser cumprido.

Saber exatamente a quantidade de alimentos a serem oferecidos, o momento certo do abate ou determinar a quantidade de medicamentos a serem prescritos pelos veterinários, são fatores que têm elevado peso na rentabilidade de uma produção de gado (Schofield,1990) o que nos leva a acreditar que será de elevado interesse o desenvolvimento de uma técnica de pesagem/monitorização - tendo em conta que o fator “peso” é o principal influenciador dos acima descrito (Mollah, Hasan, Salam e Ali , 2010) - com menores necessidades e com resultados igualmente fiáveis, pois poderia reduzir custos de materiais e operações, tal como do tempo despendido e do

uso de mão-de-obra.

Assim, pretendemos averiguar a possibilidade de realizar estimativas de peso vivo e/ou condição corporal de gado bovino, com recurso a *drones* comerciais, e acessíveis no mercado, para que qualquer produtor possa aplicar estes princípios à produção bovina, procedendo autonomamente à captação de imagens e ao seu tratamento, para o fim que lhe for mais conveniente. Estes incluem nomeadamente as pesagens, verificação de condição corporal, entre outros. Os agricultores conseguem desta forma tirar partido de uma tecnologia de ponta bastante comum em agricultura de precisão para preencher esta necessidade dos produtores de gado bovino, particularmente nos regimes extensivo e semi-intensivo.

Sendo este método validado, trará vantagens especialmente para os produtores em modo de produção extensivo ou semi-intensivo, que não queiram investir em dispendiosos parques de maneio ou balanças digitais com identificadores eletrónicos e que tenham necessidade de economizar tempo e mão-de-obra, particularmente num contexto de explorações localizadas em locais remotos e de difícil acesso com infraestruturas muito limitadas. Com efeito e com a adoção desta técnica, qualquer produtor que faça o investimento no *drone*, ou recorra a esses serviços, poderá traçar a rota para o seu VANT e obter os seus dados de forma relativamente simples, só tendo que os analisar posteriormente, para averiguar quais os animais que estarão prontos para sair para abate ou mesmo perceber quais as taxas de crescimento que está a obter, sem nunca ter que perturbar os animais no campo e sem ter que mobilizar mais recursos humanos e materiais para realizar todas as operações inerentes aos processos clássicos de maneio.

## 2. Hipóteses de investigação

De forma a orientar e focalizar o nosso estudo, formulamos as seguintes duas hipóteses de investigação:

**Hipótese 1** - É possível prever o peso de peso vivo de gado bovino, através de medições efetuadas com recurso a fotografia aérea.

**Hipótese 2** – O modelo estatístico resultante da interação entre o peso vivo e as medições efetuadas em fotografia de proximidade, pode continuar a funcionar com fotografias obtidas com recurso a um VANT.

### **3. Revisão Bibliográfica**

#### **3.1 Estimativa da Condição Corporal e dados biométricos**

A condição corporal dos bovinos, Body Condition Scoring (BCS doravante), pode ser definida como uma estimativa da quantidade de gordura num animal vivo (Dan E. Eversole et al. 2009). Os animais são “pontuados” segundo parâmetros específicos, traduzindo-se esta pontuação num excelente indicador do estado nutricional em bovinos de carne. O peso vivo ideal varia de animal para animal, já a condição corporal ideal (BCS 5-6) é a mesma para todas as raças bovinas de carne.

Podemos distinguir dois métodos de avaliação deste parâmetro em gado bovino de carne. Na classificação Americana, a pontuação varia entre 1 a 9, sendo 1 extremamente magra e 9 muito obesa (figura 1), enquanto que na Europa, Canadá e Austrália atribuem-se apenas pontuações de nível 1 a 5, sendo igualmente 1 extremamente magra e 5 muito obesa.

Em bovinos de leite a classificação mundialmente aceite é igual à descrita anteriormente para a Europa, Canadá e Austrália, atribuindo-se pontuações de 1 a 5, ainda que haja diferenças notórias na conformação entre os dois tipos de animais (leite e carne), mesmo que tenham a mesma classificação.

A classificação pode ser feita visualmente e por palpação, através da avaliação dos depósitos de gordura em determinados pontos do corpo do animal, sendo eles: barbela, espáduas, costelas, coluna dorsal, flanco, ponta da garupa, base da cauda e fossa subcaudal, ponta da nádega e perfil dos quartos traseiros.

Um animal “magro” (BCS 1-4) é “fino” e com a estrutura óssea bem visível, com pouca gordura sobre a coluna vertebral, costelas e garupa, não havendo gordura visível ao redor da base da cauda ou da barbela.

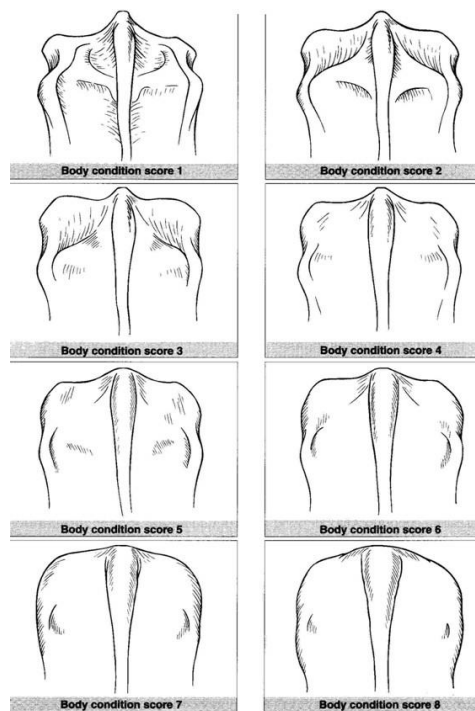


Figura 1 - Condição corporal do gado bovino segundo a classificação americana.  
Fonte: Halley, 2014

Um animal com a conformação “ideal” é o que apresente uma pontuação entre 5 e 7, sendo conveniente distinguir que entre estes dois valores há diferenças importantes. Uma vaca com uma pontuação de 5 tem a garupa saliente, embora haja alguma gordura sobre o flanco e a coluna vertebral (não sendo esta saliente e visível), enquanto vacas com pontuações de 6 ou 7 ficam com um aspeto mais “largo” devido à acumulação de gordura nas costelas, na base da cauda e na barbela.

Um animal com excesso de gordura (BCS 8-9) ganha uma forma geral a fazer lembrar um paralelepípedo, não sendo possível a observação de nenhuma parte da estrutura óssea, criando-se grandes depósitos de gordura saliente na base da cauda e na garupa.

Em raças de carne, este fator deve ser acompanhado de perto, pela sua grande importância no sucesso de uma exploração: Para fins reprodutivos, animais demasiado magros ou demasiado gordos apresentam maiores intervalos entre estros e cobrições, e bezerros menos saudáveis, enquanto animais demasiado gordos apresentam maiores custos de manutenção tendo conseqüentemente maior probabilidade de partos distócicos (Eversole et al.,



2009).

Assim, o manejo alimentar de uma vacada pode ser baseado neste parâmetro; Finalmente e para fins de engorda e principalmente de acabamento a condição corporal poderá também ser um auxiliar na decisão de abate, já que a gordura subcutânea é indesejável e normalmente a sua acumulação indica uma fase terminal do crescimento, em que o aumento de peso se deve maioritariamente a este acréscimo nos depósitos de gordura (traduzindo um menor ganho médio diário e um maior índice de conversão).

Em gado bovino de leite, a condição corporal ganha especial relevo pela influência que o manejo alimentar e reprodutivo terá na produção individual de leite em cada ciclo de lactação. A uma condição corporal excessivamente alta, estão normalmente associados problemas reprodutivos induzidos pela perda de reservas de gordura após o parto. Esta diminuição tem impactos a nível hormonal na regulação éstrica, o que poderá também causar problemas no útero e ovários. Contudo, manter os animais com uma condição corporal demasiado baixa também irá causar redução de fertilidade, aumento do intervalo entre o parto e cio e indiretamente levar a problemas uterinos (Laven, 2015).

Com vista à melhoria no processo de avaliação da condição corporal em bovinos de leite, têm sido desenvolvidas ao longo dos anos diversas tecnologias que permitem realizar esta ação de forma automática e instantânea, reduzindo o erro, mão-de-obra e sobretudo o tempo investido nesta tarefa. Atualmente estão disponíveis kits de câmara e software de análise preparados para a sua montagem numa zona de passagem para a sala de ordenha, que recolhe uma imagem tridimensional do terço posterior dos animais e que mede a quantidade de gordura subcutânea na base da cauda, região lombar e garupa. Esta imagem é depois analisada automaticamente e enviada para um computador, permitindo avaliar com elevada precisão, diariamente, o estado geral dos animais da exploração (Delaval, 2019).

Existem também aplicações para smartphones que realizam a avaliação individual dos animais com recurso a fotografias recolhidas pelo próprio telemóvel, apresentando a desvantagem de ser necessário a calibração manual pelo utilizador a cada utilização (Beefie, 2019).

### 3.2 Dados biométricos

Os dados biométricos têm sido utilizados para descrever medições de carácter biológico tal como populações humanas ou animais (Bugge, Burkhardt, Dugstad, Enger, Kasprzycka, Kleinauskas, Myhre, Scheffler, Ström e Susanne, 2011). Estes dados têm sido utilizados na identificação individual não invasiva de humanos e animais, já que os dados biométricos de um indivíduo são exclusivos e irrepetíveis. Nos humanos, por exemplo, o dado biométrico mais utilizado é a impressão digital. Contudo, nos animais, são conhecidos vários exemplos de identificação através de características individuais como a forma das barbatanas dorsais ou padrão de riscas e manchas no pelo.

Para além da identificação individual, os dados biométricos podem também servir como indicadores para outros parâmetros corporais. Pundir, Singh, Dang e Singh, (2011) levaram a cabo uma investigação que permitiu revelar com sucesso a relação existente entre alguns dados biométricos (comprimento do corpo, altura à cernelha, altura do joelho, perímetro torácico, comprimento do chanfro, largura do chanfro, comprimento dos cornos, diâmetro dos cornos, distância entre cornos, comprimento da orelha, largura da orelha, diâmetro do pescoço, comprimento da cauda e distância entre os ossos da garupa) recolhidos em animais vivos da raça *Kankrej*, com a sua condição corporal, chegando à conclusão que dos indicadores em estudo, apenas não seriam relevantes para a condição corporal, a distância entre cornos, o diâmetro dos cornos, a largura da orelha e o diâmetro do pescoço.

Também Paula, Tedeschi, Paulino, Fernandes e Fonseca (2013), demonstraram como algumas medidas biométricas como o volume do animal, comprimento do corpo, largura abdominal, altura, entre outras, de gado bovino engordado em pastagens podem ajudar a prever a gordura das carcaças após a desmancha.

Em acréscimo a estes dados, Lukuyu, Gibson, Savage, Duncan, Mujibi, e Okeyo (2016) levaram a cabo um trabalho que permitiu comprovar através de uma regressão linear múltipla, que a condição corporal (*BCS*), tem uma forte correlação ( $r=0.7$ ) com o peso vivo de animais de raças leiteiras (várias raças),

em explorações no Quênia, sendo apenas ultrapassada pelo diâmetro do peito ( $r=0.84$ ) e sendo diretamente seguidos pelo comprimento do corpo ( $r=0.64$ ) e a

altura à cernelha ( $r=0.61$ ), o que será um dado vantajoso, pela necessidade que temos de comprovar o contributo das medidas, mensuráveis por ponto de vista vertical, para o peso vivo dos animais.

### **3.3 Estimativa de peso vivo**

#### **3.3.1 Método Direto**

A forma mais direta, precisa e eficaz de averiguar o peso vivo de um animal é a passagem por um tronco de contenção equipado com uma balança eletrónica. Existem também balanças colocadas em passagens de gado, que munidas de um leitor RFID (Identificação por radiofrequência) permitem realizar as pesagens individuais dos animais quando passam perto dos leitores. Contudo, estes métodos são dispendiosos, stressantes para os animais (Wongsriworaphon, Arnonkijpanich e Pathumnakul, 2015), e não estão acessíveis em todas as explorações particularmente em zonas remotas e de difícil acesso. Assim, foram desenvolvidos ao longo dos anos, métodos indiretos de estimativa de peso vivo, que pretendem facilitar as operações aos produtores.

Tomando por exemplo uma exploração que pretenda efetuar pesagens pelo modo acima descrito, os requisitos normais seriam uma manga de maneio, uma balança adaptada, a mobilização de todos os animais da manada para a zona de pesagens ou de agregação e a mobilização de uma equipa de colaboradores durante toda a operação. Só por esta breve descrição é possível entender o quão difícil e dispendioso se poderá tornar este processo para os produtores.

#### **3.3.2 Métodos Indiretos**

O método para estimativa do peso através do perímetro torácico é um dos mais simples e barato, que pode ser utilizado por todos os produtores, desde que bem ajustado (Lauxen, 2014), sendo já muito utilizado a nível mundial e apresenta geralmente bons resultados. O método, consiste na utilização de

uma fita métrica própria para o efeito, que converte diretamente um valor medido no animal (perímetro torácico) em peso (verificado na própria fita), sem necessidade de contas ou mais operações. Há que ter em conta que diferentes raças podem ter necessidade de fitas diferentes, pois nem todas se desenvolvem de maneira

igual, o que pode causar constrangimentos quando se tenta encontrar uma fita adequada para a raça que pretendemos. Trabalhos levados a cabo por Kesang Wangchuk et al (2018), comprovam que este método é um dos mais fiáveis, sendo apenas superado pelo método da fórmula de Shaeffer.

O método da fórmula de Shaeffer, sendo menos prático e direto para medições no campo, apresenta, porém, uma maior precisão.

Para obter o peso vivo utilizam-se apenas medidas lineares, sendo elas: o comprimento entre a linha das espáduas (aproximadamente a cruz) e a ponta da garupa, e o perímetro torácico. São posteriormente inseridas na fórmula  $PV = P^2 \times C / 300$ , em que PV indica o peso vivo, P indica o perímetro torácico e C indica o comprimento entre a linha média da espádua e a ponta da garupa.

Podemos constatar que tanto um método como o outro, utilizam o perímetro torácico, depositando nele grande parte, se não mesmo a totalidade, da credibilidade dos resultados, no entanto, esta não é uma medida possível de ser captada por uma imagem aérea, sendo também necessária, em qualquer um deles, a contenção numa manga de manejo e a consequente mobilização de mão-de-obra com os custos associados a toda a operação.

### **3.4 Relação Condição Corporal/Medidas/Peso Vivo**

Não sendo a condição corporal por si só um estimador aceite cientificamente do peso vivo de um animal, os trabalhos acima referidos, oferecem resultados que permitem antever algum tipo de relação entre estes fatores. Nem todas as medições referidas pelos autores poderão ser tomadas em conta para utilizar em captações de imagem por via de um VANT, pois não será possível a uma câmara captar tão pequenos detalhes (como o comprimento de um corno por exemplo ou a altura) de uma vista aérea e de uma tomada de vista aérea à vertical, mas de qualquer modo, permite confirmar que algumas das medidas que consideramos valorosas, estão comprovadas por outros autores (por

exemplo o comprimento do animal e a largura da garupa).

### **3.5 Influência de fatores de Stress no peso vivo**

O gado bovino em explorações de engorda pode sofrer de stress derivado de um largo conjunto de fatores, sendo alguns deles facilmente controláveis e possíveis de ultrapassar, nunca deixando de haver, no entanto situações que não podemos de maneira alguma contrariar nomeadamente as causas naturais.

Segundo Ruechel J. (2018) o stress apresenta características “adesivas” querendo isto dizer que não desaparece logo depois de os animais se acalmarem. Sendo os ruminantes “presas” naturais de outros animais a permanência num estado constante estado de alerta após um momento stressante, ajuda a manter o indivíduo fora de perigo, como consequência de este estar mais atento ao que o rodeia. Assim sendo, será do maior interesse do ponto de vista do animal manter-se em stress constante, que é exatamente o oposto do que o produtor deseja. O autor citado defende que os efeitos do stress perduram por semanas, meses ou mesmo anos, dependendo do tipo de stress. O mesmo autor identifica como tipos de stress, o ambiental, o stress social, o stress induzido pelo manejo, doenças ou ferimentos e o stress nutricional, manifestando-se em piores índices de conversão, menor ingestão, maior suscetibilidade a doenças, entre outros. Do ponto de vista deste trabalho, é-nos particularmente interessante analisar as perdas por stress induzido por técnicas inadequadas de manejo e manuseamento.

Conhecendo os atuais métodos de pesagem de gado utilizados, algumas perdas serão inevitáveis causadas pelo tempo que os animais passam sem comer ou beber, pelas movimentações e por eventuais situações que possam acontecer entre processos. Porém se todo o manejo for efetuado com recurso a técnicas de minimização de stress e com acesso a infraestruturas de qualidade então, muitos destes fatores podem ser consideravelmente

reduzidos.

Jennifer Wythes explica que o conteúdo estomacal de animais adultos (gado bovino) representa cerca de 12 a 22% do seu peso vivo, variando com o número de horas passadas desde a última vez que o animal bebeu água e se alimentou (considerando também a qualidade e tipo de alimentação). Se não privarmos os animais de comida e água, então podemos excluir esta preocupação (o que acontecerá evidentemente se podermos pesar os animais sem os tirar do local

onde vivem habitualmente, seja um parque ou uma pastagem).

Esta mesma autora refere que os animais sujeitos a viagens ou movimentações stressantes poderão demorar entre 3 a 21 dias a recuperar o peso vivo que tinham anteriormente. Para minimizar este fator tanto em explorações de engorda como em regime extensivo, devem sempre ser conduzidos os animais a passo, sem movimentos bruscos, sem ruídos elevados e sem lhes bater. Note-se, no entanto, que todos estes fatores são recorrentes nas explorações do nosso país. O uso do bastão elétrico deve ser restringido apenas a situações de necessidade extrema. Mais uma vez a técnica proposta por este estudo, priva os animais de todas estas situações descritas, não havendo qualquer interferência física no momento das pesagens.

### **3.6 Drones**

#### **3.6.1 Breve apontamento histórico sobre os drones**

A palavra ‘drone’ em inglês significa zangão - machos da espécie de abelha doméstica, *Apis mellifera*. Porém, “*drone*” é a designação vulgarmente utilizada para descrever uma aeronave que tanto pode ser controlada remotamente por um humano como poderá ter “inteligência artificial” e comandar-se automaticamente (rotas pré-programadas por GPS por exemplo). Podem apresentar-se em várias configurações, desde asas fixas, aeromodelos, e modelos multirotor como os hexacopteros (figura 3) ou os quadricopteros (figura 2) - sendo estes últimos os mais conhecidos em Portugal – obtendo-se benefícios e desvantagens específicas com cada tipo de modelo. Os veículos de asa fixa, permitem uma maior autonomia, contudo são mais difíceis de

manobrar e menos estáveis em voo para fins de fotografia aérea, já os modelos multirrotor permitem uma estabilidade e precisão de voo mais elevadas, descurando na autonomia de voo e na capacidade de carregar cargas maiores.



Figura 2 - Drone quadricóptero.

Fonte: SYMA, 2019



Figura 3 - Drone hexacóptero.

Fonte: DJI, 2019

Os primeiros *drones* foram concebidos e construídos durante a primeira guerra mundial, embora não tenham sido utilizados durante o seu decorrer. Eram modelos pilotados à distância e lançados por catapulta, que foram evoluindo

até ao ano de 1935, altura em que as forças inglesas produziram vários modelos telecomandados que tinham como missão servir de alvo de treino.

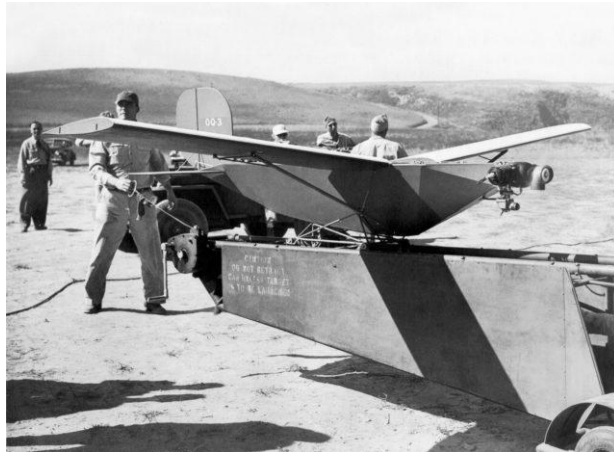


Figura 4 - Drones na Segunda Guerra Mundial.

Fonte: Mello, 2017

Acredita-se que o termo “drone” terá sido atribuído a este tipo de aeronaves, tendo como inspiração um dos modelos produzidos nesta altura, o DH.82B Queen Bee. A partir daí, os *drones* foram evoluindo como ferramentas militares, para missões de reconhecimento, bombardeamento ou mesmo como “manobra de diversão” e alvo falso, sendo a sua principal missão em qualquer uma destas utilizações a salvaguarda da vida humana em situações de risco.

Uma das missões militares mais famosas da última década, será a da busca pelo paradeiro de Osama Bin Laden (Woods, 2015), busca essa que foi auxiliada por VANT's equipados com câmaras para captação de imagem em áreas complicadas ou de grande extensão (figura 5).





Figura 5 - Predator – Drone utilizado na busca de Osama Bin Laden.

Fonte: Newsrep, 2016

A nível civil, tem-se assistido a um enorme crescimento da sua popularidade e utilização, como brinquedo, lazer ou mesmo ferramenta de trabalho e estudo.

As principais marcas comercializadas com o grande público como alvo, têm como principal atrativo, câmaras de alta resolução e facilidade de utilização (alguns apenas necessitam de um smartphone para controlar), o que permite que qualquer cidadão obtenha imagens aéreas de alta qualidade para fins lúdicos por exemplo, com a segurança do interface “*User friendly*”.

### **3.6.2 Drones na Indústria e sociedade**

A maioria dos *drones* utilizados no mundo têm como finalidade a fotografia ou vídeo aéreo (trabalho anteriormente realizado com recurso a helicópteros, apresentando, porém, custos mais elevados e maior especificidade no trabalho). São seguidos pelos utilizados para o sector imobiliário (novas estratégias de marketing e imagem), o utilitário, sector da construção (muito úteis na verificação e manutenção de infraestruturas,) e por fim o uso na agricultura (Divya, 2017), um sector em franca expansão. Outras finalidades adicionais, porém, sem grande relevância a nível estatístico, tais como segurança pública, auxiliar em gestão de catástrofes, entrega de encomendas ou mapeamento e levantamento cartográfico (AIR Drone Craze, 2019) podem igualmente ser referidas (Sorin, Senyuk, Gelernter e Cooper, 2016).

Ainda com grandes possibilidades de expansão e investigação, estão as utilizações com fim à zootecnia ou pecuária de precisão.

À data são realizadas com este recurso apenas tarefas simples, como monitorização de gado para prevenção de roubos, contagens de animais, auxiliares na movimentação de rebanhos e deteção de doenças e partos.

### **3.6.3 Drones na Agricultura**

Espera-se que em 2050 a população mundial alcance os 9,8 bilhões (Organização das Nações Unidas, 2017) e com este enorme aumento, o consumo de produtos agrícolas deverá aumentar em 60% (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO, 2019) com o desafio de não estar disponível muito mais área produtiva para este fim.

A solução para este desafio deverá passar certamente por um aumento de eficiência da agricultura, nomeadamente através da utilização de técnicas de agricultura de precisão.

Neste processo de passagem de agricultura convencional para a dita “de precisão”, os *drones* têm o seu lugar conquistado e poderão continuar a evoluir como auxiliares com utilidades muito variadas e importantes.

Se antes seria muito difícil ou impossível acompanhar o desenvolvimento de grandes extensões de culturas, como o milho por exemplo, neste momento basta realizar um voo com a aeronave equipada com uma câmara, tornando-se todo este processo muito mais fácil e prático.

Nestes voos podem ser efetuadas análises ao crescimento, à irrigação, a falhas em zonas específicas, realizar deteção de doenças causadas por fungos ou bactérias e atuar de maneira mais informada, rápida, consciente, consequência da maior informação disponível (Meola, 2017), contribuindo-se desta forma para uma maior eficiência.

Ainda antes da instalação das culturas ou nas fases iniciais podem realizar-se também análises do nível de ataque por infestantes, análise à humidade do solo, análise à humidade do solo, pulverizações e mapeamento dos locais (Long, 2017).

Na maior parte destes casos, utilizam-se modelos multirrotor ou de asa fixa com rotas pré-definidas por GPS, que podem estar equipados apenas com uma câmara convencional, ou com outro tipo de equipamentos específicos para cada tipo de análise pretendida, nomeadamente análises de NDVI (*Normalized*

*Difference Vegetation Index*) que permite avaliar a quantidade de material vegetal num local (Resende Sânia, 2016) ou análises à fisiologia e maturação das culturas com recurso a câmaras térmicas, por infravermelhos (Fintan, 2018).

### **3.7 Zootecnia de Precisão - Contraste entre últimas inovações e racional deste trabalho**

A zootecnia de precisão tem como principal objetivo criar um sistema de gestão que tenha como base a monitorização contínua, automática e em tempo real da produção, saúde e bem-estar animal, bem como os impactos ambientais que desta atividade possam surgir.

Este conjunto de técnicas assenta no pressuposto de que saber ao pormenor, a cada momento, o que se passa com os animais, permitirá que os produtores detetem precocemente, possíveis doenças e controlem a saúde e o bem-estar dos seus animais a qualquer altura (Berckmans, 2014).

A zootecnia de precisão poderá vir a melhorar ou pelo menos documentar objetivamente o bem-estar animal nas explorações, melhorado também o seu desempenho ambiental (González, Kyriazakis, Tedeschi, 2018), reduzir o comércio ilegal de produtos pecuários e melhorar a estabilidade económica das áreas rurais (Bahnzani, Babinszky, Halas, e Tschärke, 2012).

Poderemos então concluir que a precisão na zootecnia surge da crescente facilidade em obter e tratar dados que nos permitem perceber melhor a produção e os fatores envolvidos.

Então qual será a aparente limitação que até agora é imposta aos produtores nacionais nesta área?

A resposta, no nosso ponto de vista, está no regime de produção.

A grande maioria destes avanços são direcionados para o regime intensivo, que tendo um modo de funcionamento tão diferente do extensivo o “obriga” a permanecer num segundo plano, fazendo perdurar a imagem que o regime extensivo é uma pecuária de subsistência e familiar, quando pode tomar proporções bem diferentes se lhe forem dadas as devidas hipóteses, de onde são exemplo os Estados Unidos da América, o Brasil, a Austrália e a Nova Zelândia, os grandes países produtores de carne bovina (Cook, 2019).

Um dos fatores comuns que encontramos em todos os regimes intensivos é a proximidade com os animais, sendo fácil chegar perto deles, observá-los e obter os dados pretendidos. Este é um fator determinante e diferenciador do trabalho

que apresentamos, já que, ao ser direcionado principalmente a regimes extensivos ou semi-intensivos, deverá permitir ao produtor ou prestador de serviços, obter dados o mais remotamente possível, podendo mesmo chegar ao limite de não ter sequer que sair do escritório para recolher dados naquele preciso momento.

Algumas das mais modernas inovações no mundo da zootecnia de precisão levam-nos até às aplicações para *smartphones* que têm vindo a aparecer cada vez mais no mercado (Beefie, 2019), mas este conceito não se limita apenas a este tipo de *gadgets*.

Um dos problemas que este tipo de inovação apresenta é a necessidade de dispositivos e software especializado, que na maioria dos casos está reduzido a uma escassa e dispendiosa oferta, dificultando a sua rentabilização.

### **3.8 Raças Bovinas**

De todas as raças de gado bovino e seus cruzamentos, que podemos encontrar no mundo, distinguem-se de modo geral dois “grupos” conforme a sua criação seja vocacionada para a produção de leite ou de carne. Existem também as chamadas raças de aptidão mista, em que a raça é considerada de leite e de carne, que não se inserem exclusivamente em nenhum dos dois tipos.

Não pretendemos descrever extensamente as várias raças que existem em cada grupo, mas sim fazer um breve apontamento, evidenciando os pontos

diferenciadores de cada um deles, e a sua importância no âmbito deste trabalho especificamente para o contexto português.

### **3.8.1 Raças Leiteiras**

As vacas leiteiras são em Portugal, na sua grande maioria, de raça Holstein Frísia. São animais exclusivamente vocacionados para a produção leiteira, que produzem em média 8688 litros por animal, por período de lactação de 305 dias, (Associação Portuguesa de Criadores de Raça Frísia, 2007). Este fato leva a que normalmente só falemos em vacas já que os machos não têm utilidade para além das cobrições ou mais vulgarmente doar sémen, e os bezerros machos – considerados um subproduto da exploração – são engordados e enviados para abate o mais cedo possível.

Ao serem considerados animais “de leite” não quer isto dizer que não produzam carcaças com uma quantidade significativa de carne, mas sim que a sua seleção convergiu para apurar os indivíduos com maior produção de leite/dia e não com maiores rendimentos de carcaça ou melhor conformação de carcaça e qualidade

de carne para consumo. Finalmente, tratando-se de animais adultos, a carne obtida de vacas leiteiras de refugo tem necessariamente as piores classificações e valor.

### **3.8.2 Raças de Carne**

No panorama nacional, será difícil categorizar a produção de carne bovina sem ter que fazer diversas “subdivisões”: modo de produção escolhido, raças em questão, zona do país ou mesmo o tipo de produto final pretendido. As hipóteses de subdivisão formam um vasto leque.

Considera-se um sistema em produção extensiva todo aquele em que “se utiliza o pastoreio no seu processo produtivo e cujo encabeçamento não ultrapasse 1,4 Cabeças Normais por Hectar (CN/ha), podendo este valor ser estendido até 2,8 CN/ha, desde que sejam assegurados dois terços das necessidades alimentares do efetivo em pastoreio, bem como a que desenvolve a atividade pecuária com baixa intensidade produtiva ou com baixa densidade animal, no caso das espécies pecuárias não herbívoras” segundo a Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR), 2018.

Por outro lado, todos os sistemas que não se enquadrem no anteriormente descrito, são considerados como produção intensiva.

Em produção extensiva encontramos frequentemente raças autóctones por serem as mais rústicas e se adequarem melhor aos terrenos disponíveis. Em Portugal são reconhecidas 16 raças bovinas autóctones, incluindo duas raças bravas de lide (Sociedade Portuguesa de Recursos Genéticos Animais, 2016).

A maioria é originária do Norte do país (e.g. Maronesa, Mirandesa ou Barrosã) e estão vocacionadas para a produção de vitela, ou seja, de animais jovens. Nesta zona a agricultura é do tipo familiar com propriedades de pequena dimensão e com um reduzido número de vacas (duas a cinco) por criador em sistemas de produção mais intensificados e em pequena escala (Rodrigues, 2004). Este sistema de produção é também marcado pela ocorrência de partos ao longo de todo o ano e pelas pastagens de lameiros influenciadas pela altitude e o clima temperado Atlântico e Continental.

No Sul, em especial no Alentejo e Ribatejo, a agricultura é praticada em grandes propriedades com efetivos bovinos de grande dimensão, onde predominam as

zonas planas com uma produção forrageira marcadamente influenciada pelo clima mediterrânico (Rodrigues, 2004). Aqui, recorre-se normalmente a raças como a Alentejana ou Mertolenga vocacionadas para a produção de novilhos, isto é, animais entre os 18 e 24 meses, havendo duas principais épocas de parição, no Verão e no Inverno, nas quais os animais são maioritariamente engordados à base das pastagens naturais ou forragens criadas na própria exploração.

A grande maioria das raças autóctones portuguesas evoluíram para a rusticidade, característica que surgiu da necessidade dos animais para o trabalho do campo acima de tudo. Hoje em dia, com a utilização de máquinas agrícolas, as charruas e os arados já não são puxados pelas juntas de bois, mas os animais preservam algumas das características que tinham anteriormente, sendo que o seu desempenho zootécnico com vista à produção de carne foi alvo

de trabalhos de seleção nas últimas décadas. Já em produção intensiva a escolha das raças tende a recair nas exóticas e seus híbridos (F1). Pretendem-se ciclos de produção mais curtos, mas com grandes ganhos, sendo por isso de

extrema importância os padrões produtivos da raça.

Estas raças utilizadas para produção industrial de carne surgem de uma seleção cuidada para a produção de grandes carcaças e não pelas capacidades do animal em si, ou qualidade final da carne. Não apresentam uma rusticidade tão grande como as nossas raças autóctones, mas a grande maioria adapta-se bem ao nosso clima e modos de produção, o que aliado a maior crescimento em menor espaço de tempo as torna muito interessantes do ponto de vista zootécnico. Destas, algumas das mais comuns no nosso país são a Charolesa, a Limousine e mais recentemente a Angus.

Tanto no Ribatejo como no Alentejo são utilizadas em sistemas de cruzamento industrial com raças autóctones, pretendendo-se aliar a produção de carne ou as suas propriedades organolépticas, como é o caso da raça Charolesa ou Angus respetivamente, do genótipo paternal, com a rusticidade do genótipo materno (autóctone). São consideradas raças melhoradoras (Associação de Criadores Limousine) ou raceadoras (Associação Portuguesa de Raça Charolesa), trazendo melhores rendimentos dos animais permitindo aumentar a conformação da carcaça em peças nobres, sem perder a rusticidade, ou mesmo aumentar a precocidade de raças tardias, reduzindo o período de engorda.

A raça Angus tem origem na Escócia, não havendo registos claros do seu aparecimento, crendo-se, contudo, que esta remontará ao gado aborígine que pastava na zona Nordeste do país. É uma raça com aptidão para produção de carne, de porte médio, dotada de elevada rusticidade e classificada como precoce, ou seja, atingem a maturidade sexual a idades mais jovens e pesos mais leves.

Os animais desta raça são conhecidos pela sua longevidade (Treston & Grace. 2015), capacidade de crescimento em pastoreio, período de gestação curto e facilidade de partos naturais, que advém do pequeno porte dos vitelos à nascença. Todos estes fatores levaram a que esta se tenha tornado a raça mais comum a nível global.

Uma característica diferenciadora e marcante da Aberdeen-Angus é o facto de os animais serem naturalmente “mochos”, isto é, sem cornos, sendo um gene dominante na descendência tanto em linha pura como em cruzamentos. Esta poderá ser uma vantagem para os produtores, evitando a descorna ou <sub>21</sub> as

dificuldades no manejo de animais com cornos.

A capacidade de incorporação de gordura intramuscular, e a consequente ternura e sabor da carne levaram a um aumento em grande escala da procura de carne Angus. Quando utilizado como linha paterna em cruzamentos industriais, o Angus transmite esta qualidade à descendência. Assim, a produção de animais elegíveis para certificação, com fim à engorda intensiva resulta sobretudo do cruzamento com raças de elevado crescimento como a Limousine, Charolesa ou Blonde D'Aquitaine, conjugando a qualidade do produto final com os grandes rendimentos de carcaça obtidos pela linha maternal.

## **4. Materiais e Métodos**

Todos os processos de campo foram levados a cabo em duas explorações de engorda em regime intensivo pertencentes à Best Farmer – Jerónimo Martins, que se disponibilizou para colaborar nesta investigação, proporcionando o espaço, os animais e o know-how.

A exploração do Cartaxo tem uma área de aproximadamente 80 hectares, existindo à data dois pavilhões com capacidade conjunta para alojar cerca de 1800 animais, 6 parques exteriores de quarentena com capacidade para cerca de 70 animais cada e um pavilhão a ser construído até finais de 2019 o que projetará uma capacidade total de cerca de 4000 animais nesta exploração.

Em Manhente, encontra-se uma exploração de mais pequenas dimensões, dotada de apenas um pavilhão com capacidade para alojar cerca de 900 animais. Esta unidade de engorda encontra-se em pleno funcionamento há 4 anos estando já no seu potencial produtivo máximo.

Em ambas, o modo de produção é o intensivo e o manejo alimentar é assessorado por um nutricionista externo, que formula as rações de Iniciação, Engorda e Acabamento, e as percentagens de matérias primas (palha, silagem de milho,



repiso de tomate, duche de cerveja e alimento composto) a utilizar na mistura final. À chegada às explorações os animais são mantidos a feno e água cerca de 48 horas para permitir que repousem da viagem. Seguidamente são vacinados e desparasitados, iniciando-se o período de quarentena, que é findado 22 a 28 dias depois. Durante este tempo e até atingirem cerca de 250 kg de peso vivo, os animais são mantidos num plano alimentar de iniciação. Seguidamente passam a um plano de engorda. As fêmeas irão manter-se neste regime até saírem da exploração, enquanto os machos passam por um regime de acabamento quando estão próximos do final do ciclo produtivo (em média 270 dias).

Os animais são exclusivamente de raça Cruzado-Angus, adquiridos preferencialmente ao desmame e engordados e acabados para abate imediato.

Para a concretização deste estudo, foram analisados 305 indivíduos, de raça Cruzado-Angus, de ambos os géneros, com idades variadas e em diversos estados de desenvolvimento.

Os animais analisados são provenientes de cruzamentos em que o genótipo maternal é maioritariamente (cerca de 90%) de raças de carne, principalmente Mertolenga, Limousine e Charolesa, sendo que os restantes (cerca de 10%) são provenientes da raça de leite Holstein Frísia. Estes números são aproximados e estimados com base na observação individual dos animais já que, ao serem registados como raça cruzada, nem sempre o genótipo maternal é descriminado.

Esta heterogeneidade de fatores amostrais foi útil para obter um elevado número de panoramas possíveis, aspeto que será de grande utilidade para validar os pressupostos.

Distinguiram-se dois períodos experimentais:

1. Um primeiro em que se recolheram dados em “massa” nas explorações do Cartaxo e Manhente, para tentar construir um modelo estatístico que permitisse validar a hipótese de averiguar o peso vivo apenas com a perspetiva vertical do animal;
2. Um segundo momento também na exploração do Cartaxo, em que se validou o método com o recurso ao *drone*.

3.

#### 4.1 Recolha de dados em massa

Para a primeira fase, utilizaram-se os módulos de pesagem eletrônicos Gallagher W610 (Hamilton, Nova Zelândia) – figura 6 - e Tru-Test XR5000 (Auckland, Nova Zelândia) – figura 7 -, ambos acoplados a sensores de carga instalados na base de troncos de contenção da marca Priefert (Mount Pleasant, Estados Unidos da América) – figura 8.



Figura 6 -Módulo de pesagem Gallagher W610 utilizado na exploração de Manhente.

Fonte: Gallagher, 2018



Figura 7 - Módulo de pesagem Tru-Test XR5000 utilizado na exploração do Cartaxo.

Fonte: Trutest, 2018



Figura 8 -Tronco de contenção Priefert utilizado em ambas as explorações.

Fonte: Priefert, 2018

Estes módulos de pesagem permitem, entre outras funções, a inserção de “notas” associadas a cada registo gravado no momento, tais como o registo de aplicações de medicamentos ou de medição de temperatura, o que facilita o processamento e armazenamento de dados no computador (torna-se mais fácil do que anotar todas estes dados “extra” à mão num papel, para depois ter que voltar a registar tudo em formato digital).

Destes módulos, após ligação ao computador, é exportado um ficheiro *excel* com todos os dados da sessão que pretendemos analisar.

Para cada dia de pesagens foi criada uma nova sessão a que se dá como nome a data/grupo de animais em análise.

Todos os equipamentos são calibrados antes da sua utilização e após a passagem de cada animal verifica-se sempre o restabelecimento do valor inicial “zero”.

São instrumentos de alta precisão e aferidos anualmente por uma entidade certificadora, o que nos confere uma certeza absoluta na veracidade dos dados

por eles obtidos (neste caso, apenas o peso).

Para realizar a recolha de imagens, foi colocada uma câmara fotográfica, Canon 1200D (Tóquio, Japão) - figura 9 – com objetivas intermutáveis, para permitir a adaptação da melhor distância focal a cada exploração já que encontramos infraestruturas de diferentes dimensões em cada uma delas.



Figura 9 - Câmara fotográfica Canon 1200d.

Fonte: Canon, 2018

Na exploração de Manhente foi utilizada uma objetiva com uma distância focal de 10mm e no Cartaxo outra, com 18mm.

A câmara foi disparada remotamente com o auxílio de um disparador por cabo, com um temporizador de 2 segundos após o acionamento do disparo. Esta função (temporizador) foi ativada pelo fato de a câmara acender um *led* antes de realizar o disparo - estando o equipamento fixo numa estrutura a cerca de 3 metros de altura, seria impossível garantir que se recolhia apenas uma imagem por animal, e garantir no mínimo essa mesma imagem. Assim, ao carregar no botão e ao ver a luz acender, foi possível garantir a imagem necessária de cada animal.

As definições de fotografia foram calibradas manualmente para garantir uma homogeneidade na abertura e velocidade de obturador, indo ao encontro das necessidades individuais de cada localização e dia de trabalho (maior ou menor luminosidade essencialmente).

Procurou-se sempre obter uma velocidade de obturador elevada para haver o mínimo de fotografias desfocadas, causadas por movimentos dos animais no momento do disparo.

Antes de iniciar as pesagens foi recolhida uma imagem para calibração, com uma fita graduada, para auxiliar posteriormente na análise informática das fotografias recolhidas. Esta imagem foi obtida para cada objetiva diferente que se utilizou, para ter em conta as diferentes distorções de imagem produzidas.

A fita foi colocada aproximadamente à altura dos animais para assegurar a maior precisão possível nas medidas recolhidas.

Na calibração de escala do software, o mesmo ponto de referência foi utilizado ao longo de todo o trabalho o que nos garante uma igualdade de escala em todas as diferentes sessões.

Ao dar a entrada de cada animal no tronco de contenção, imobilizou-se a cabeça na porta do tronco para permitir um maior controlo nos parâmetros das fotografias e da posição adotada pelos animais. É desejável que no momento da fotografia o animal se encontre relaxado, direito e completamente distendido, pretendendo simular ao máximo a posição que teria um animal no campo, em pastoreio por exemplo. Seguidamente lê-se o brinco eletrónico com o auxílio de um bastão eletrónico próprio para o efeito. Este mesmo bastão comunica por *Bluetooth* com o módulo de pesagem que faz o registo automático do peso e da identificação de cada animal.

A cada pesagem foi associada uma nota, relacionando àquele animal, o número sequencial da pesagem, ou seja, naquele grupo de animais que foram pesados, o presente registo corresponde ao primeiro, segundo, terceiro, etc... Estes dados foram necessários, para permitir associar cada fotografia a um registo do ficheiro obtido do módulo de pesagem, já que a máquina fotográfica armazena as fotografias por ordem cronológica, mas o mesmo não acontece sempre com o módulo de pesagem.

Após a balança dar a confirmação de que os dados foram registados, efetuou-se o registo fotográfico e liberta-se o animal, saindo pela porta da frente do tronco de contenção.

Ao ligar o módulo de pesagem ao computador, exporta-se um ficheiro *Excel*,

com todos os dados da sessão em causa, sendo eles o número da identificação eletrónica, o número de identificação individual no SNIRB do animal, o peso vivo, o ganho médio diário e as notas, caso tenham sido inseridas.

Nesta fase inicial do estudo, o número da identificação eletrónica e o número de identificação individual no SNIRB do animal servem apenas para obter mais dados sobre cada animal se assim se desejar, como a idade, data de nascimento e fornecedor.

O género dos animais é um dado que normalmente não será necessário consultar pois, mesmo não sendo fornecido diretamente no *Excel* exportado da balança, os animais estão separados por género nos parques, nunca sendo pesados ao mesmo tempo machos e fêmeas.

Assim basta sabermos qual o grupo de animais que foi pesado naquela data e podendo, por conseguinte, assumir que para todo aquele grupo o género a inserir nos parâmetros de pesagens será o mesmo.

Todos estes dados de pesagens são de extrema importância numa exploração de engorda intensiva, pois permitem analisar ganhos médios diários, índices de conversão, crescimento efetivo, etc.

Todos estes fatores são decisivos na tomada de decisão para o momento do abate, tendo sempre em conta que os dados per si não permitem a escolha dos animais, mas são um enorme auxílio.

## **4.2 Análise de Imagem**

Para proceder à análise de imagens, recorreu-se a um *software* gratuito de processamento científico de imagens, o *ImageJ* (IMAGEJ, 2018).

É um *software* de muito fácil utilização que permite a importação de uma sequência de imagens que desejamos serem analisadas sob as mesmas escalas de medição. Deste modo, cada conjunto de fotografias referente a uma paisagem de um grupo de animais, foi importado diretamente, confirmando a ordem das imagens para garantir que o programa as iria apresentar por ordem cronológica. Em seguida, com recurso à imagem de calibração (fotografia com

a fita métrica) fez-se a calibração manual da escala, em que parametrizamos no software que, uma determinada medida na fotografia corresponde a uma medida, numa unidade escolhida por nós, no universo em foco.

Por fim, cada animal foi analisado individualmente, pela mesma pessoa – com vista à eliminação de diferenças nas medições resultante da subjetividade do observador – inserindo os valores das medições num ficheiro *Excel*.

Da imagem final obtida foram recolhidas, para cada animal (associado maioritariamente a um peso), as seguintes medidas em milímetros:

- . Comprimento (medida entre a base da cauda e a tábua do pescoço);
- . Largura do peito (medida entre os dois pontos mais distantes);
- . Largura da garupa (medida aproximadamente na zona média da garupa);
- . Largura abdominal (medida entre os dois pontos mais distantes, a aproximadamente metade do comprimento).

### **4.3 Validação do método com recurso a *Drones***

Como ponto de partida, foi necessário conhecer a legislação vigente para os VANT à data do estudo, regulada pela Autoridade Nacional de Aviação Civil (ANAC) e que limita a sua utilização dentro de vários parâmetros.

Segundo o Regulamento n.º 1093/2016, de 24 de novembro de 2016, não será necessário qualquer tipo de licença para operar *drones* e, tendo em conta que os modelos a serem utilizados para este estudo não excedem os 25kg peso, não requerem autorização da ANAC para a sua utilização.

Decorre da legislação referida que este tipo de aeronaves pode voar livremente até aos 120m de altura (exceto sobre concentrações de pessoas ao ar livre, nas áreas de proteção operacional específicas dos aeroportos e aeródromos e sobre instalações onde se encontrem sedeados órgãos de soberania, embaixadas e representações consulares, instalações militares, instalações das forças e serviços de segurança, locais onde decorram missões policiais ou de proteção civil, estabelecimentos prisionais e centros educativos da Direção-Geral de Reinserção e Serviços Prisionais), não resultando desta legislação qualquer tipo de limitação ao nosso estudo, visto serem considerados para o

seu desenvolvimento voos de baixa altitude (um máximo de 80m a 100m), dado serem os mais adequados para as situações pretendidas. O próximo passo será conhecer ao pormenor os *drones* que são comercializados para o público geral, para identificar as características mais favoráveis, e que mais apto o tornam a este tipo de trabalho.

Autonomia de voo, qualidade de imagem e facilidade de utilização são alguns dos pontos mais cruciais para a escolha da aeronave a comprar (sendo a compra do VANT um dos investimentos de maior valor é importante que esta escolha seja bem fundamentada e ponderada).

Desta forma e ponderando os fatores anteriormente focados, a nossa opção recaiu sobre o *DJI Phantom 4 Pro* (figura 10), um modelo com uma boa relação qualidade/preço.



Figura 10 - Drone DJI Phantom 4 Pro.

Fonte: DJI, 2018

Em suma, com o *Phantom 4 Pro*, contamos com cerca de 30 minutos de voo, com uma câmara de alta definição, mas que apresenta a desvantagem de ter um ângulo muito amplo de imagem, o que poderá dificultar as medições no ecrã numa fase posterior do trabalho.

Não tendo sido possível a aquisição deste recurso, recorreremos a um outro feito por encomenda, com valores parecidos ao PVP do *Phantom 4 Pro*, mas com outro tipo de características.

Trata-se de um hexacóptero de “kit”, composto por uma armação Tarot 680 Pro



em carbono, com motores *multistar*, alimentados por uma bateria de 10000 Mah (figura 11).



Figura 11 - Drone hexacóptero utilizado no estudo - Tarot 680 Pro.

Fonte: Avforums, 2016

Acrescentou-se a esta aeronave um altímetro em tempo real e a mesma câmara fotográfica (Canon 1200d) utilizada anteriormente para as medições no tronco de contenção, mas com uma objetiva fixa de 50mm, pois foi a que garantiu uma melhor qualidade de imagem nos testes de voo realizados.

Os parâmetros de fotografia foram inseridos manualmente para garantir altas velocidades de obturador (promovendo a redução dos efeitos visíveis na foto causado pela vibração do *drone* em voo) e abertura “média a pequena” (f7 a f9 para minimizar os erros de focagem automática).

Para a captação de fotografias a câmara foi equipada com um disparador automático, programado para começar a captação de imagens 15 segundos depois de ser acionado (para dar tempo de o *drone* se colocar em posição) e com um intervalo entre fotos de 4 segundos, podendo qualquer um destes parâmetros ser programado segundo as preferências individuais do operador.

Como este tipo de *drone* de “kit” não tem uma configuração standard de equipamentos, o tempo de voo, interface de utilização e modos de voo, são na maior parte das vezes diferentes para cada aeronave, conforme as baterias e peças eletrónicas escolhidas pelo próprio consumidor, o que induziu a necessidade de realizar vários voos de teste, para perceber a sensibilidade do aparelho, capacidade de carga e tempo de utilização médio com cada tipo de

voo e condições meteorológicas.

Quando manipulamos algum tipo de máquina junto a animais, é conveniente perceber qual a reação dos animais aos barulhos e movimentos gerados pelo equipamento.

Sabemos que o gado bovino é, de modo geral assustadiço, mas há certos casos específicos em que animais parqueados em explorações, estão de tal modo habituados a maquinaria no seu dia-a-dia, que não temem de maneira alguma as máquinas agrícolas e ruídos. Neste grupo específico de animais, a reação foi muito positiva, tendo quase todos ignorado por completo a aeronave, o que coincidiu com o *feedback* anteriormente dado pelo gestor da exploração.

Para atenuar o barulho gerado pelos motores do VANT, a única solução será realizar voos a maior altitude, o que não se mostrou necessário para o nosso estudo.

O próximo desafio colocado foi realizar o reconhecimento individual de cada animal à distância. Atualmente é comum a identificação eletrónica individual, com recurso a identificadores de radiofrequência (RFID) passivos na forma de brinco, cuja leitura é normalmente feita por um bastão (sendo este o sistema presente nas explorações em que se realizou o estudo), mas sendo estes de curto alcance, a sua utilização para este estudo não é possível.

O método terá que passar então por identificar individualmente cada animal, de forma a ser detetável na fotografia aérea. Para colmatar esta necessidade, optou-se pela utilização de coleiras de plástico, com marcação alfanumérica

(figura 12), que foram colocadas no momento da primeira passagem à manga, para assim ser possível distinguir cada individuo de forma económica e eficaz (detetável pelo VANT).

Foi definida uma largura de exatamente 8 cm para as coleiras, para permitir fazer a calibração da escala no software *ImageJ* – é sempre necessário apresentar uma medida conhecida.

Mais uma vez recorreu-se à funcionalidade das notas na balança para relacionar o número/letra de cada coleira ao registo individual de cada animal. Caso se verifique a perda ou extravio da coleira, na pesagem seguinte pode facilmente ser recolocada sem qualquer dano para o animal e para o estudo (mantém-se um registo de cada SNIRB correspondente a cada coleira).



Figura 12 - Exemplos de coleiras de plástico, com marcação alfanumérica, utilizadas no estudo para marcação individual dos animais. Fotografias captadas no momento da colocação.

Fonte: O autor

Após a passagem pela manga, os animais identificados foram colocados num parque de seleção, para ser possível mantê-los separados dos restantes – convém reforçar a ideia de que esta é uma fase inicial deste método, motivo pelo qual nos foi forçoso potencializar ao máximo todas as possibilidades de recolher imagens aéreas com as características necessárias.

Para cada voo de teste realizado foram recolhidas imagens para 6 animais de cada vez, 5 deles com as coleiras “A”, “B”, “C”, “D” e “E”, e um outro indivíduo sem coleira, que na fotografia aérea é identificado por exclusão de partes, já que cada grupo de 6 animais foi colocado isoladamente num parque, como mencionado anteriormente. Foram realizados um total de 5 voos.

Na primeira tentativa alternou-se a altitude entre 30, 40, 50 e 75 metros, para captar diferentes ângulos e tentar perceber qual a mais útil para as nossas necessidades.

Nos seguintes voos a altitude foi mantida entre os 30 e 40 metros, pois foi neste intervalo que obtivemos os melhores resultados de imagens utilizáveis para as medições.

Os resultados obtidos pelas imagens de drone, não pretendem construir dados para auxiliar a estatística, mas sim confirmar a sua validade, não tendo sido por

isso contabilizados para a análise de dados.

Os pesos registados serviram apenas para confirmar a fiabilidade do modelo estatístico obtido através dos restantes dados recolhidos.

## **5. Resultados e Discussão**

### **5.1. Dados Válidos**

Foram analisados um total de 305 animais, tendo sido considerados úteis para a análise de dados 242 indivíduos, dos quais 215 machos e 27 fêmeas.

Os critérios de seleção para a validade da possibilidade de análise dos dados foram os seguintes:

- 1 - Animais em perfeito estado de saúde ou sem debilidade/doença aparente;**
- 2 - Animais colocados corretamente no tronco de contenção, relaxados e estendidos por completo;**
- 3 - Fotografia com a qualidade mínima desejável para possibilitar as medições.**

### **5.2. Dados Rejeitados**

Os animais “rejeitados” foram considerados inúteis pelos seguintes motivos:

- **Doença declarada ou debilidade física** - Esta situação ocorreu quando se notou a necessidade de realizar tratamentos a indivíduos específicos ao “passar à manga” um parque inteiro de animais. Tendo já a certeza de que estes animais estariam com condição física alterada e que iria afetar as medições, foram rejeitados para minimizar os “*outliers*”;
- **Fotografia desfocada** - Ocorreram vários casos em que no preciso momento do disparo da máquina fotográfica, o animal se mexeu, levando a que a fotografia tenha ficado desfocada e inviabilizando as medições, já que estas foram feitas com uma menor unidade de medida de 1mm;



Figura 13 - Exemplo de fotografia desfocada por movimentação do animal.

Fonte: O autor

- **Animais encurvados ou mal posicionados** – Foram identificados alguns casos de animais que ao entrar no tronco de contenção, não adotaram uma postura reta e correta, o que inviabilizou a medição das suas dimensões lineares;



Figura 14 - Animal com postura incorreta para efetuar medições. Corpo com encurvação impossibilita a medição do comprimento e largura da garupa e do peito.

Fonte: O autor

- **Erro de focagem automática** - Antes do disparo, a máquina fotográfica faz uma focagem automática para cada fotografia, tendo surgido ao longo do estudo, algumas fotografias em que o ponto de focagem não se encontrava no animal, não sendo possível realizar as medições com a precisão desejada;



Figura 15 - Erro de focagem automática.

Fonte: O autor

### 5.3. Análise estatística

Todas as medições efetuadas no *software ImageJ* foram registadas em folhas *Excel* referentes a cada sessão de pesagens, contendo cada uma delas 6 colunas de dados:

1. . Género do animal;
2. . Peso (kg);
3. . Comprimento (mm);
4. . Largura do peito (mm);
5. . Largura da garupa (mm);
6. . Largura abdominal (mm).

No final todos os dados foram reunidos num só documento para facilitar o seu processamento.

Criaram-se filtros na coluna “género” para permitir uma análise separada deste

parâmetro, já que facilmente poderemos perceber que o desenvolvimento corporal de um macho e uma fêmea não é diretamente comparável, o que nos levou a admitir que seria este o principal critério de distinção necessário entre todos os animais.

Com recurso à ferramenta de análise de dados do *Excel*, criaram-se 3 regressões lineares múltiplas:

- A primeira contempla todos os dados considerados válidos, independentemente do género do animal;
- A segunda pretende analisar apenas os dados recolhidos para animais do género masculino;
- A terceira é referente aos dados recolhidos para animais do género feminino.

### 5.3.1. Regressão Múltipla em condições controladas

Da análise geral de dados considerados válidos, sem qualquer tipo de filtro envolvido, obteve-se o quadro 1 e 2 de regressão linear múltipla.

Quadro 1 - Estatística de Regressão considerando todos os dados válidos, sem discriminação do género do animal.

Estatística de Regressão – Dados Gerais	
Valor de R múltiplo	0,9833378
Valor de $R^2$	0,96695322
Valor de $R^2$ ajustado	0,96639547
Erro-padrão	26,766761
Número de observações	n=242

Quadro 2 - Coeficientes de dados válidos, sem discriminação do género do animal.

Coeficientes – Dados Gerais		
	Estimativa	p-value
Interceção	-320,547342	$1,2 \times 10^{-72}$
Comprimento do animal	0,069939246	0,000194
Largura do peito	0,581181122	$6,37 \times 10^{-17}$
Largura da garupa	0,429329954	$4 \times 10^{-10}$
Largura abdominal	0,43762975	$1,59 \times 10^{-14}$



Da observação do quadro 1 ressalta à primeira vista o valor de  $R^2$  com um valor de aproximadamente 0,96, para os  $n=242$  animais, quer isto dizer que cerca de 96% da variabilidade total do peso dos animais pode ser explicado pela regressão efetuada.

É um excelente início que prevê um ajustamento bastante correto dos dados aos resultados.

Da análise do quadro 2 é possível constatar que nenhum dos estimadores é, de forma alguma, dispensável para a qualidade de ajustamento da regressão já que todos os estimadores apresentam um *p-value* extremamente pequeno, considerado mesmo insignificante quando tomado em comparação com o valor “padrão” de 0,05.

Também a partir do quadro 2 é possível a construção de um modelo de predição do peso através dos estimadores que é definido pela seguinte equação:

$$Peso = (0,06993925 * Comprimento) + (0,58118112 * Largura do peito) + (0,42932995 * Largura da garupa) + (0,43762975 * Largura abdominal) - 320,547342$$

Equação 1 - Equação de previsão (geral).

### 5.3.2. Dados válidos – Machos

Da análise de dados referentes a animais de género masculino, obteve-se o quadro 3 e 4 de regressão linear múltipla.

Quadro 3 - Estatística de Regressão de dados referentes a machos.

Estatística de Regressão - Machos	
Valor de R múltiplo	0,981450658
Valor de $R^2$	0,963245394
Valor de $R^2$ ajustado	0,962545306
Erro-padrão	27,296283
Número de observações	n=215

Quadro 4 - Coeficientes de dados referentes a machos.



Coeficientes – Machos		
	Estimativa	p-value
Interceção	-317,0781881	$6,74 \times 10^{-61}$
Comprimento do animal	0,062375652	0,001417
Largura do peito	0,601676559	$3,35 \times 10^{-16}$
Largura da garupa	0,429121741	$3,12 \times 10^{-09}$
Largura abdominal	0,433679017	$8,43 \times 10^{-13}$

Da observação do quadro 3 ressalta à primeira vista o valor de  $R^2$  com um valor de aproximadamente 0,96, para os  $n=215$  animais, querendo isto dizer que cerca de 96% da variabilidade total do peso dos animais pode ser explicado pela regressão efetuada. O valor exato é relativamente inferior ao anteriormente referido para a análise geral de dados, mas não significará obrigatoriamente um pior ajuste, já que a quantidade de machos é superior à de fêmeas e mais heterogénea, assim, também a hipótese de haver mais *outliers* aumenta.

É, porém, um excelente início que prevê um ajustamento bastante correto dos dados aos resultados.

Da análise do quadro 4 é possível constatar que nenhum dos estimadores é, de forma alguma, dispensável para a qualidade de ajustamento da regressão já que todos os estimadores apresentam um *p-value* extremamente pequeno, considerado mesmo insignificante quando tomado em comparação com o valor “padrão” de 0,05.

Também a partir do quadro 4 é possível a construção de um modelo de predição do peso através dos estimadores que é definido pela seguinte equação:

$$\text{Peso} = (0,06237652 * \text{Comprimento}) + (0,601676559 * \text{Largura do peito}) + (0,429121741 * \text{Largura da garupa}) + (0,433679017 * \text{Largura abdominal}) - 317,078188$$

Equação 2 - Equação de previsão (machos).

### 5.3.3. Dados Válidos – Fêmeas

Da análise de dados referentes a animais de género masculino, obteve-se o quadro 5 e 6 de regressão linear múltipla.

Quadro 5 - Estatística de Regressão de dados referentes a fêmeas.

Estatística de Regressão -Fêmeas	
Valor de R múltiplo	0,99308602
Valor de $R^2$	0,98621983
Valor de $R^2$ ajustado	0,98371435
Erro-padrão	14,1143214
Número de observações	n=27

Quadro 6 - Coeficientes de dados referentes a fêmeas.

Coeficientes – Fêmeas		
	Estimativa	p-value
Interceção	-346,81973	$5,2 \times 10^{-14}$
Comprimento do animal	0,34686194	$2,3 \times 10^{-06}$
Largura do peito	-0,06579924	0,683234
Largura da garupa	0,32826641	0,032107
Largura abdominal	0,39975613	0,003083

Da observação do quadro 5 ressalta à primeira vista o valor de  $R^2$  com um valor de aproximadamente 0,98, para os n=27 animais, significando isto que cerca de

96% da variabilidade total do peso dos animais pode ser explicado pela regressão efetuada. O valor exato é relativamente inferior ao anteriormente referido para a análise geral de dados, mas não significará obrigatoriamente um pior ajuste, já que a quantidade de machos é superior à de fêmeas e mais heterogénea, assim, também a hipótese de haver mais *outliers* aumenta.

É, porém, um excelente início que prevê um ajustamento bastante correto dos dados aos resultados.

Neste caso, ao contrário dos anteriores, ao analisar o quadro 6 podemos constatar que apenas a largura do peito seria dispensável para a qualidade de

ajustamento da regressão já que apresenta um *p-value* acima do valor “padrão” de 0,05.

Também a partir do quadro 6 é possível a construção de um modelo de predição do peso através dos estimadores que é definido pela seguinte equação:

$$\text{Peso} = (0,3468619 * \text{Comprimento}) - (0,0657992 * \text{Largura do peito}) + (0,3282664 * \text{Largura da garupa}) + (0,3997561 * \text{Largura abdominal}) - 346,81973$$

Equação 3 - Equação de previsão (fêmeas).

## 5.4. Correlações entre fatores

É digna de análise também o quadro 7, de correlações dos vários fatores que neste modelo influenciam o valor do “peso”.

Quadro 7 - Correlações entre fatores individuais.

Correlações entre fatores					
	Peso	Comprimento	Largura do Peito	Largura da garupa	Largura abdominal
Peso	1				
Comprimento	0.91732	1			
Largura do peito	0.96834	0,90432	1		
Largura da garupa	0.95006	0,89235	0,93421	1	
Largura abdominal	0.95346	0,88030	0,93410	0,90889	1

Pela observação deste quadro podemos facilmente aperceber-nos que todos os parâmetros analisados individualmente nos animais têm uma elevada correlação com o peso vivo do animal, com a seguinte ordem de importância:

- . Largura do peito;
- . Largura abdominal;
- . Largura da garupa;
- . Comprimento.

Para averiguar se um modelo de regressão simples apenas com um preditor se poderia ajustar melhor do que o modelo anteriormente descrito (deste ponto em diante consideraremos como o modelo escolhido o modelo apresentado que

contém todos os dados válidos de animais, não discriminando o gênero), em seguida são apresentadas as regressões lineares simples associadas a cada um dos parâmetros.

#### 5.4.1. Relação entre fatores individuais e peso

O quadro 8, 9, 10 e 11, e as figuras 16, 17, 18 e 19 vêm reforçar o fato já anteriormente confirmado, quanto à grande correlação individual dos quatro fatores estudados com a variável peso. Todos eles apresentam uma linearidade bem definida, com nuvens de pontos muito claras quanto ao seu tipo de dispersão.

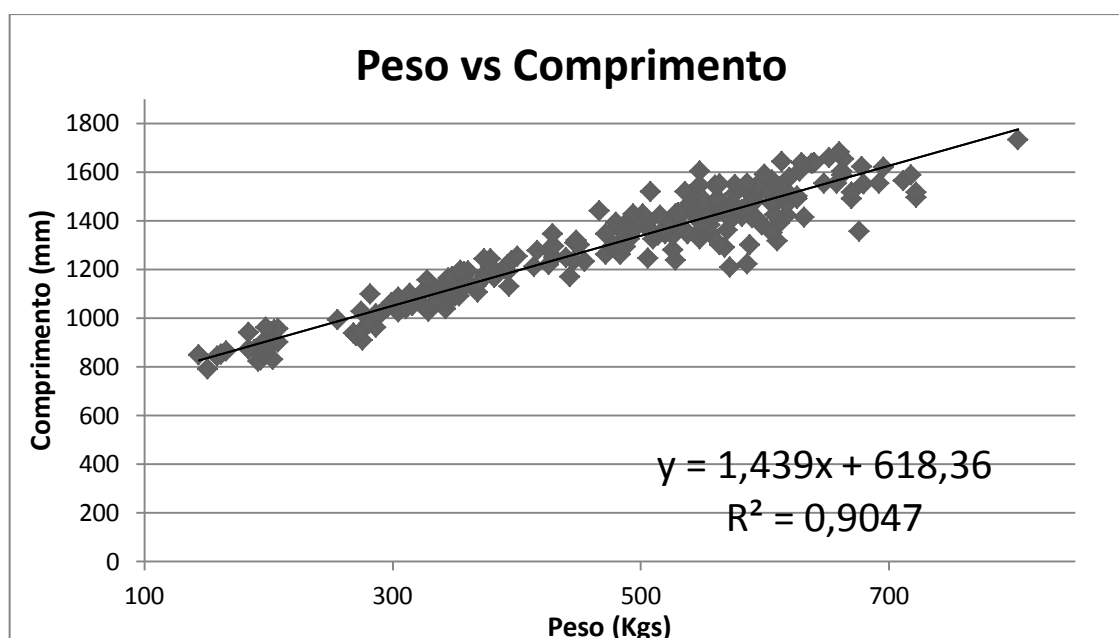


Figura 16 - Gráfico de dispersão de pontos para regressão linear simples (peso/comprimento)

Quadro 8- Resultados da regressão linear simples (peso/comprimento)

Estatística de Regressão –peso/comprimento	
Valor de R múltiplo	0,917325
Valor de $R^2$	0,841484
Valor de $R^2$ ajustado	0,840824
Erro-padrão	58,25537
Número de observações	n=242

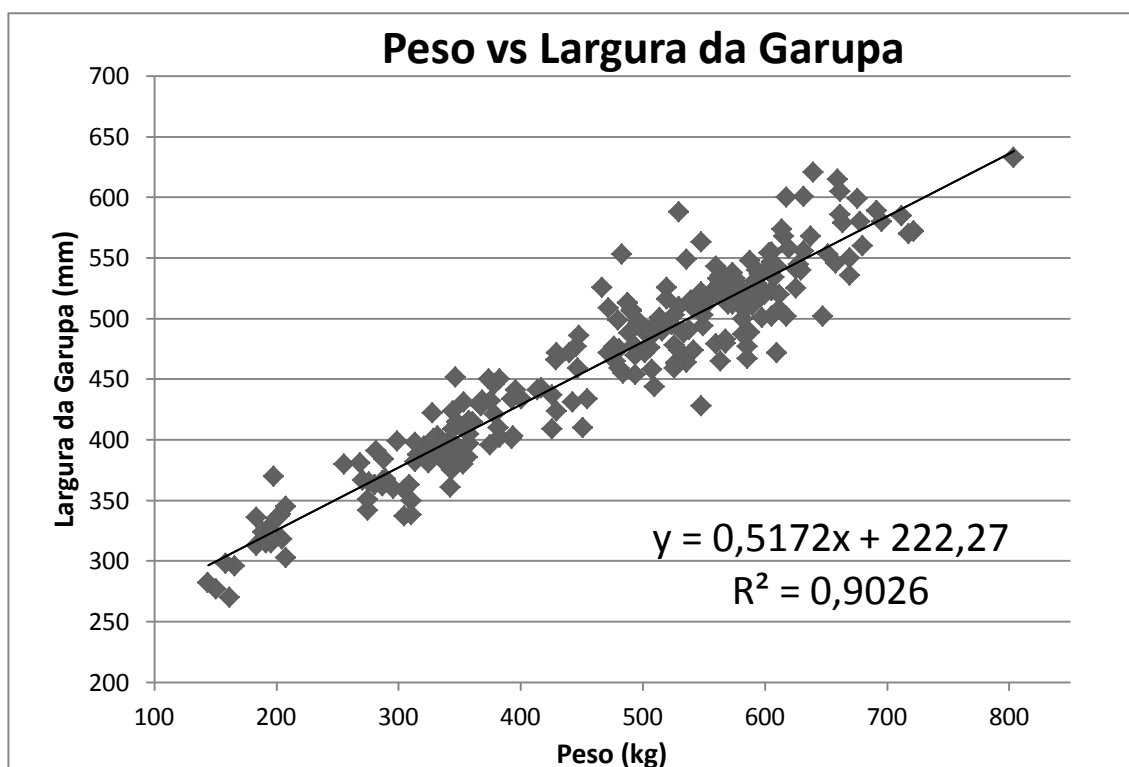


Figura 17 - Gráfico de dispersão de pontos para regressão linear simples (peso/largura da garupa)

Quadro 9 - Resultados da regressão linear simples (peso/largura da garupa).

Estatística de Regressão –peso/largura da garupa	
Valor de R múltiplo	0,950057
Valor de $R^2$	0,902608
Valor de $R^2$ ajustado	0,902202
Erro-padrão	45,6627
Número de observações	n=242

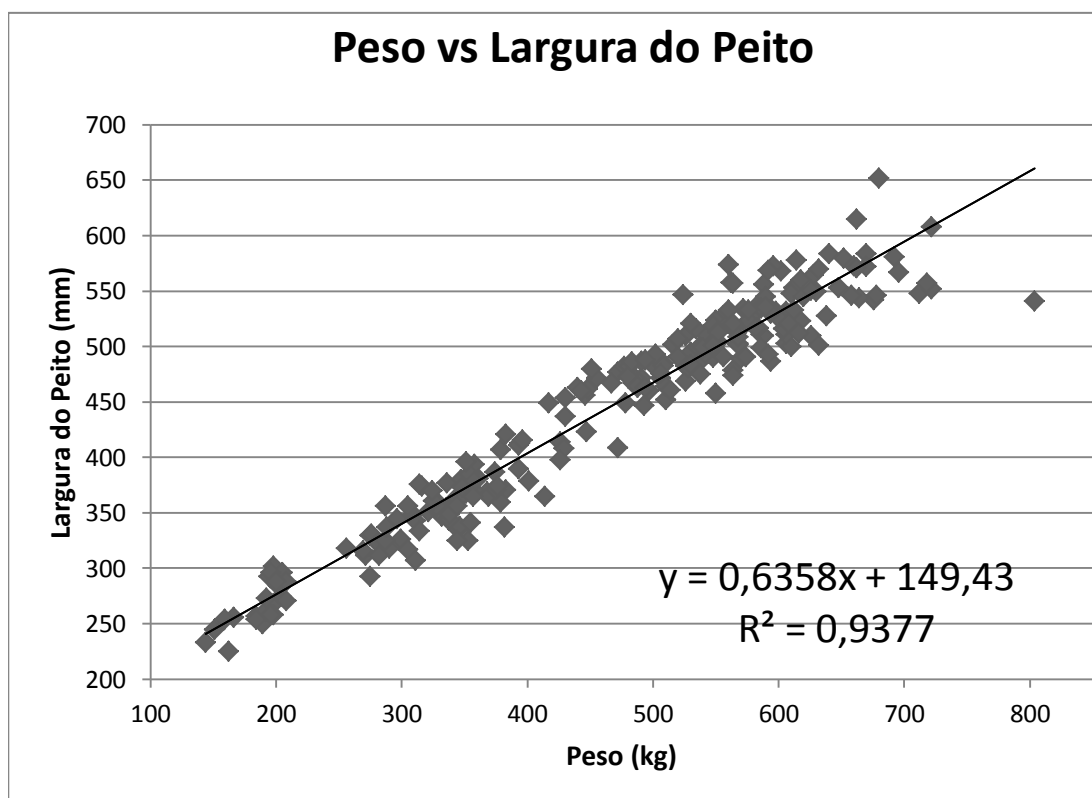


Figura 18 - Gráfico de dispersão de pontos para regressão linear simples (peso/largura do peito)

Quadro 10 - Resultados da regressão linear simples (peso/largura do peito)

Estatística de Regressão –peso/largura do peito	
Valor de R múltiplo	0,968339
Valor de $R^2$	0,937681
Valor de $R^2$ ajustado	0,937421
Erro-padrão	36,52672
Número de observações	n=242

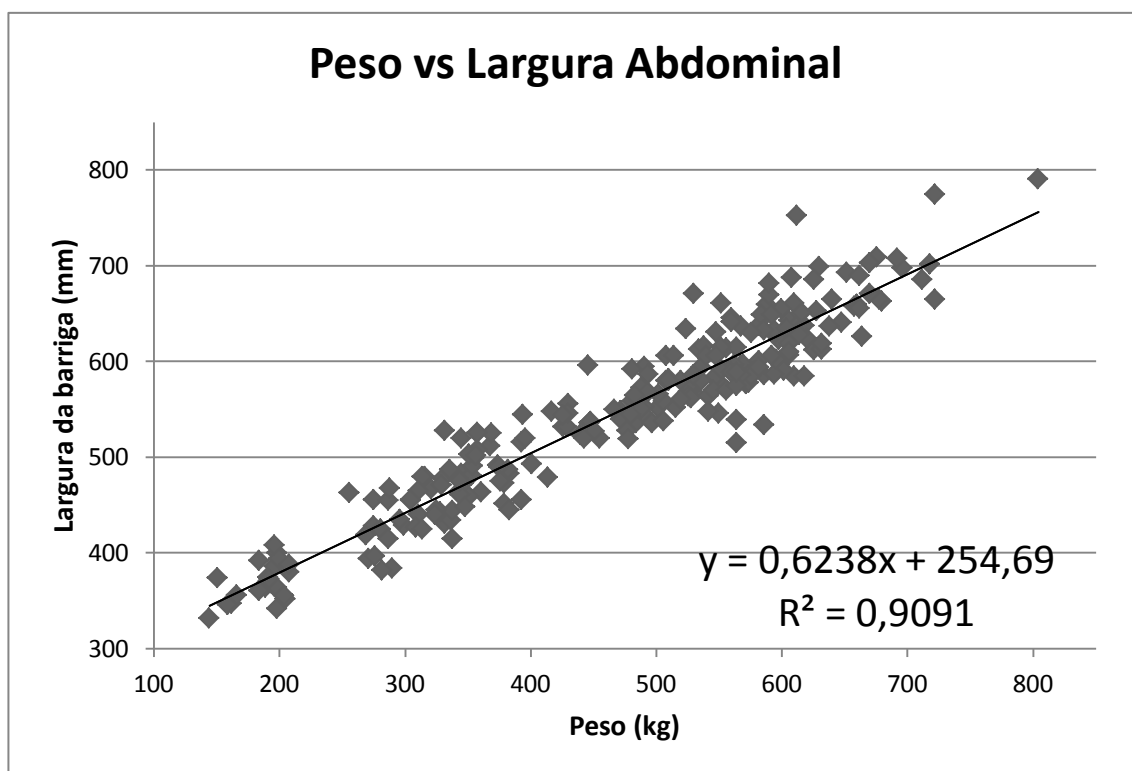


Figura 19 - Gráfico de dispersão de pontos para regressão linear simples (peso/largura abdominal)

Quadro 11 - Resultados da regressão linear simples (peso/largura abdominal)

Estatística de Regressão – peso/largura abdominal	
Valor de R múltiplo	0,953463
Valor de $R^2$	0,909092
Valor de $R^2$ ajustado	0,908713
Erro-padrão	44,11659
Número de observações	n=242

Os valores de R quadrado para cada regressão são elevados (sendo o mais baixo, o do comprimento com um valor de 0,84, o que quer dizer que numa regressão linear simples, em que pretendemos prever o peso através do comprimento do animal, cerca de 84% da variabilidade do peso é explicada pelo comprimento), o que volta a demonstrar bons ajustamentos dos modelos preditores.

Porém, a análise talvez mais interessante a mencionar com os quadros anteriores é a do valor do  $R^2$  ajustado. Este valor retirado de cada regressão

linear simples, quando comparado com o obtido na estatística global, permite-nos perceber se algum dos modelos simples tem um melhor ajustamento do que o modelo com todos os preditores.

O maior valor de  $R^2$  ajustado obtido das quatro regressões lineares simples efetuadas é de 0,937, correspondente à relação entre peso e largura do peito, que mesmo sendo um valor muito bom, é inferior a 0,966, correspondente à estatística global com todos os preditores.

Assim poderemos afirmar que um modelo de previsão em que utilizemos as quatro medições efetuadas nos animais irá obter um melhor ajustamento do que qualquer um dos modelos em que apenas consideremos uma das medições para a previsão do peso.

### **5.5. Outliers / Fatores indutores de variância**

Há vários fatores que podem ter influência no momento de uma pesagem e que poderão comprometer as medições:

**Alimentação** - Se os animais tiverem sido alimentados antes ou depois das pesagens e medições, este fator poderá induzir erros de medição. Ainda que um animal adulto coma cerca de 18kg de alimento por dia, o que não é significativo num animal de 600kg, as suas medidas corporais poderão ficar alteradas, nomeadamente a largura abdominal;

**Doença** - Animais doentes, não diagnosticados, poderão induzir erros na medida em que a sua alimentação e metabolismo ficam alterados, criando medições não coerentes com os seus pesos. Um animal ligeiramente timpanizado por exemplo gera uma medição de largura abdominal excessiva. Já outro indivíduo com diarreias, poderá apresentar uma largura abdominal demasiado pequena demasiado pequena;

**Genética** - Como referido anteriormente, os animais “cruzado Angus” apenas necessitam de genética paternal Angus puro. Sendo a mãe de raça indiferenciada, este fator gera enormes diferenças entre indivíduos filhos de raças vocacionadas para produção de carne ou leite. Mesmo dentro das várias raças de produção de carne, é notória a diferença entre um animal de raça

Mertolenga e outro de raça *Limousine* ou *Blonde D'Aquitaine*, por exemplo.<sup>46</sup>



Deste modo, e não tendo sido possível saber exatamente a genótipo maternal de todos os animais (todos eles estão registados como cruzado de Aberdeen-Angus e não diferenciam a raça dos progenitores) para os diferenciar ao construir a estatística, consideramos este um grande fator indutor de variância na amostragem;

### **Conjugação entre fatores descritos anteriormente.**

## **5.6. Aplicação do método**

Após a análise de dados e tratamento estatístico resta apenas a validação/aplicação do método. Para isto foi realizada a captura de imagens (segunda fase do estudo), com recurso às coleiras de plástico, de 6 animais de cada vez. Tal como explicado anteriormente, esta mesma coleira foi utilizada para distinguir cada animal, mas também como referência para a calibração da escala no programa *ImageJ*. De seguida foi utilizado o modelo obtido a partir da análise geral de dados cuja equação está descrita acima, já que este modelo não discrimina géneros, idades nem fases de crescimento, potencializando ao máximo o método para uma utilização a campo em que não conhecemos à partida exatamente o que iremos fotografar.

Com auxílio do Excel, foi criada um quadro que relaciona as medições obtidas com a equação do modelo e que permite assim prever o peso estimado do animal. Ao inserir todos os dados de medições e ao obter o peso estimado consultamos o documento obtido pelo módulo de pesagem que registou o peso de cada animal no momento de colocação da coleira, e foi-nos possível calcular o erro relativo que resulta da utilização deste método.

Vejamos o seguinte exemplo:

De uma fotografia aérea obtida a cerca de 30 metros de altura, resultou a seguinte imagem (figura 20) de um conjunto de 6 animais, de género masculino, de raça “Cruzado-Angus” e identificados como A, B, C, D, E e ZERO (0) - o único sem coleira:



Figura 20 - Imagem aérea geral obtida pelo VANT a aproximadamente 30 metros de altura

Fonte: O autor

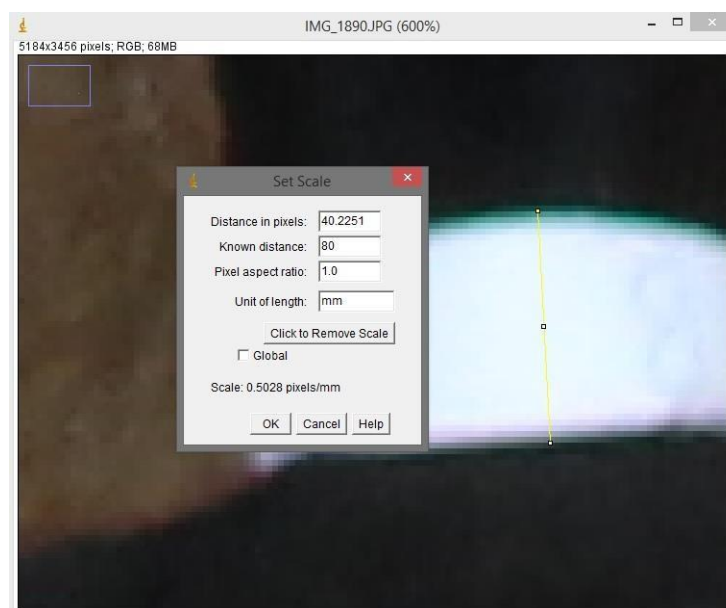
Pela observação cuidadosa da imagem, é possível reparar o efeito que introduzido pela verticalidade ou não do *drone*, em relação aquilo que queremos medir. Por este motivo, seleccionou-se o animal identificado com a letra B (figura 21):



Figura 21 - Animal marcado com letra B

Fonte: O autor

A partir desta imagem e sabendo a medida exata da coleira, calibrou-se a escala de medição a utilizar no *software ImageJ* (figura 22):



*Figura 22 - Exemplo de calibração do software para efetuar as medições.*

*Fonte: O autor*

Seguidamente procedeu-se à recolha das medidas individuais do animal, por ordem:

- Comprimento total (Figura 23)

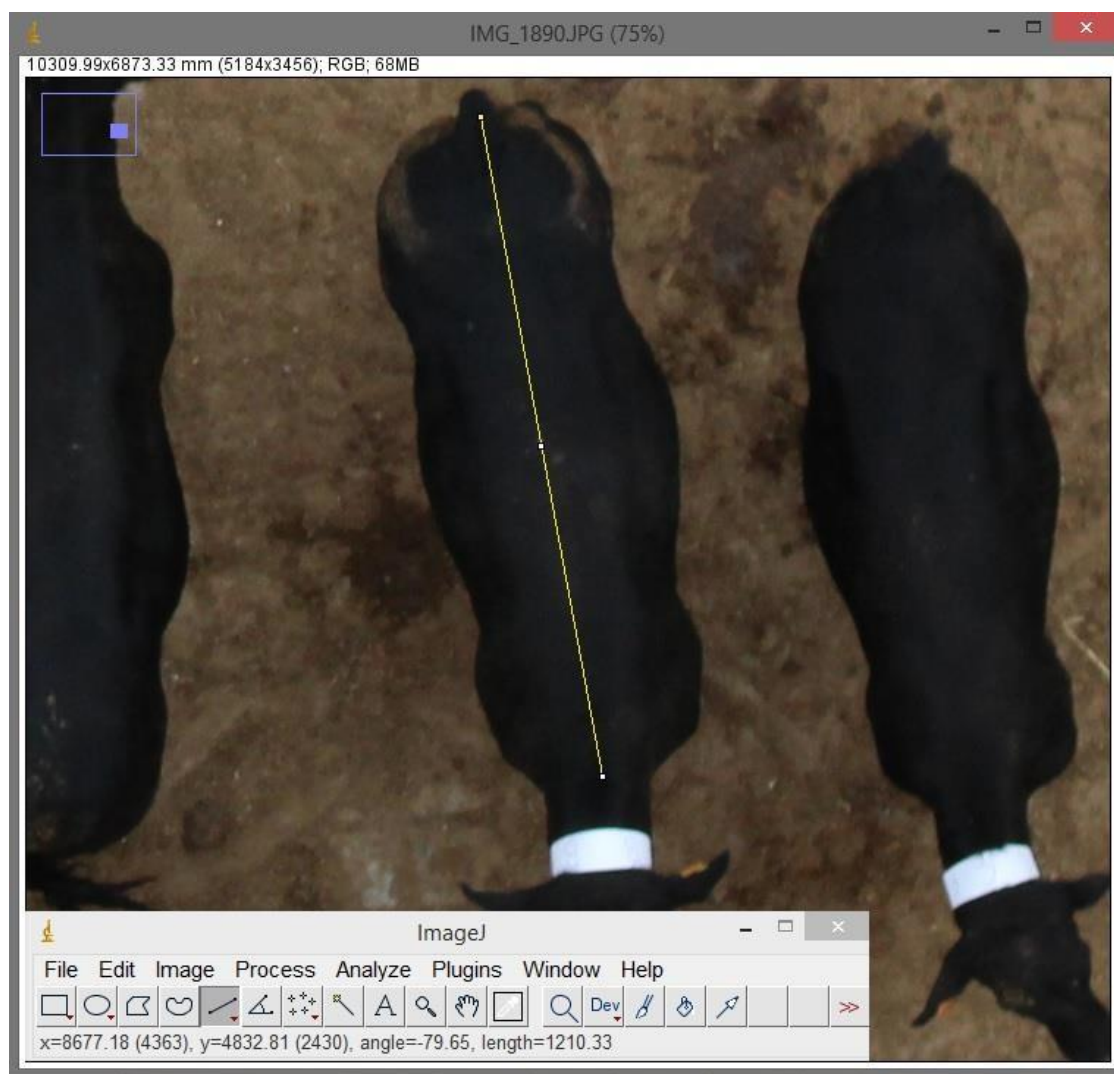


Figura 23 - Exemplo de medição de comprimento total.

Fonte: O autor

- Largura do peito (Figura 24)

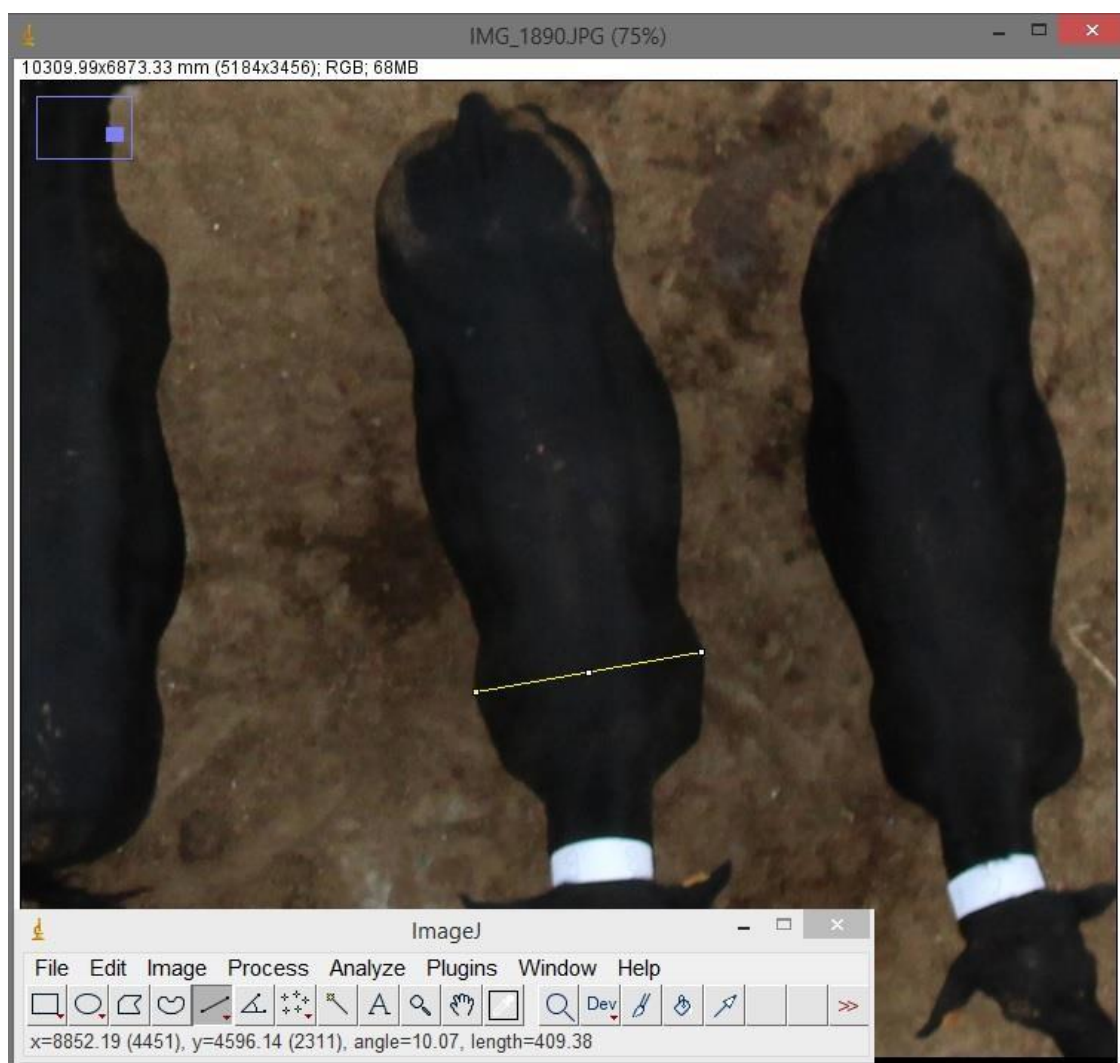


Figura 24 - Exemplo de medição de largura do peito.

Fonte: O autor



- Largura da Garupa (Figura 25)

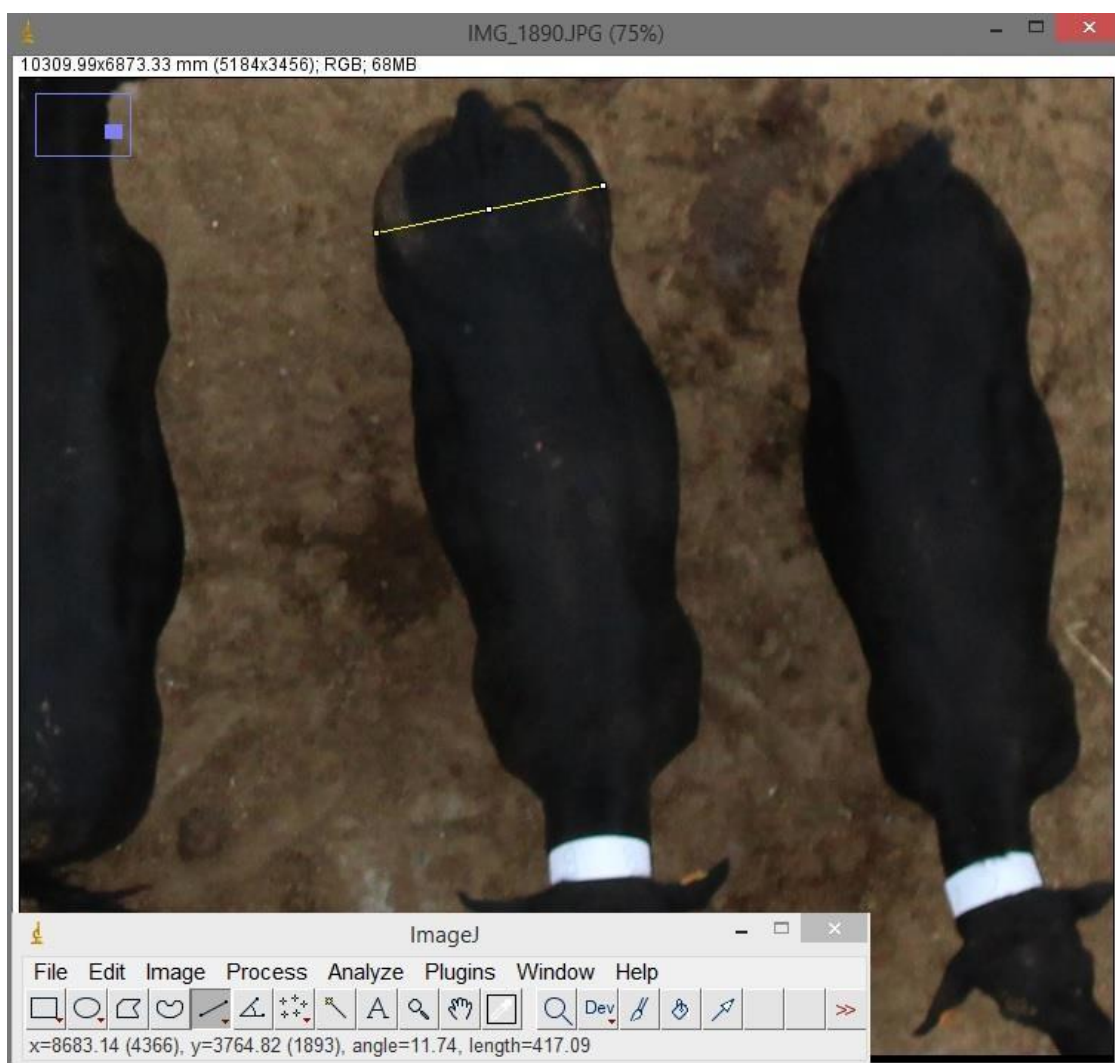


Figura 25 - Exemplo de medição da largura da garupa.

Fonte: O autor

- Largura abdominal (Figura 26)

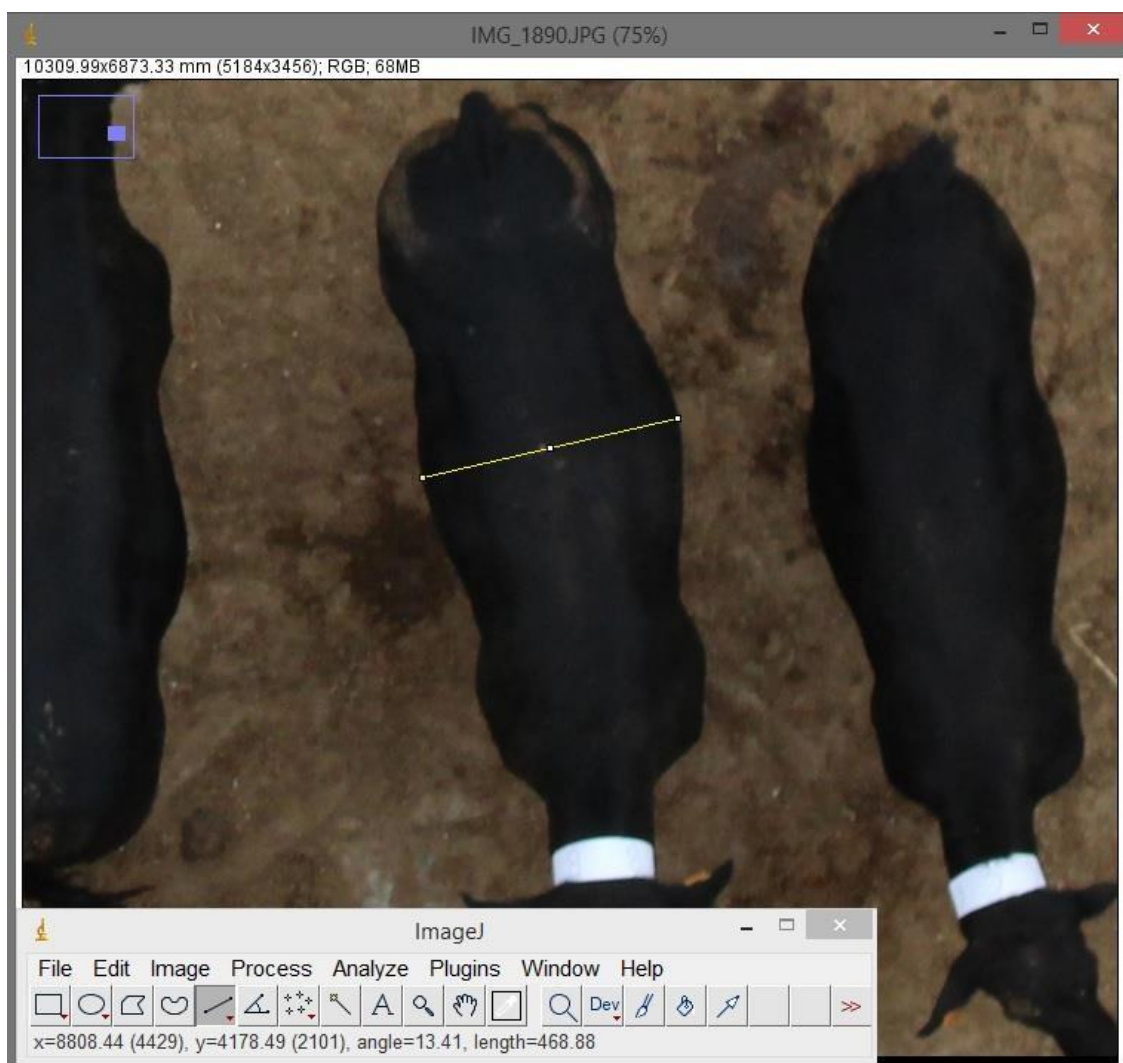


Figura 26 - Exemplo de medição da largura abdominal.

Fonte: O autor

Por fim, inseriram-se todos os dados obtidos no modelo gerado pela regressão linear múltipla para estimação de peso de onde resulta o quadro 12:

Quadro 12 - Resultados obtidos através da inserção das medições no modelo desenvolvido (indivíduo B).

Experimentação B	
Peso Real (kg)	374
Comprimento (mm)	1210
Largura do peito (mm)	409
Largura da garupa (mm)	417
Largura abdominal (mm)	467
Peso estimado pelo modelo (kg)	385,17
Erro (kg) (peso estimado-peso real)	11,1859
Erro percentual (%)	2,904

O valor do peso real do animal, foi o registado pelo módulo de pesagem no momento da passagem pelo tronco de contenção para a colocação da coleira e o peso estimado foi obtido através da aplicação da equação do modelo de previsão de pesos vivos, com os dados da estatística geral, ou seja, não específica para nenhum dos géneros (masculino ou feminino).

Consideramos um erro aceitável para uma situação experimental em pequena escala, qualquer erro com um valor máximo de 5%, o que prevê um ajustamento com 95% de certeza. Assim, a aplicação do modelo para esta situação experimental foi validada com sucesso, o que se deve em grande parte a todos os fatores indutores de variância estarem minimizados, para os indivíduos selecionados.



### 5.6.1. *Outliers* / Fatores indutores de variância

Tal como anteriormente referido, a presença de situações anormais no momento da captação da imagem irá ter como consequência uma pior predição do peso vivo dos animais utilizando o modelo criado para este estudo. Assim, destacamos de igual forma a alimentação, casos de doença e a genética maternal como fatores que podem influenciar a qualidade das pesagens. Nesta fase do estudo, ao recorrer ao *drone*, surge um novo fator indutor de variância:

- **Posicionamento do *drone*** - Para uma perfeita precisão nas medições, consideramos que o VANT deverá estar numa posição completamente vertical ao animal a ser fotografado, para deste modo garantir a uniformidade das medidas recolhidas. Havendo pequenos desvios da aeronave, os pontos utilizados como referência poderão aparentar distâncias diferentes, induzindo medições erradas.

Os critérios de seleção para a validade da possibilidade de análise dos dados foram os seguintes:

- Animais em perfeito estado de saúde ou sem debilidade/doença aparente;
- Animais relaxados e estendidos por completo;
- Fotografia com a qualidade mínima desejável para possibilitar as medições.

Os critérios utilizados para definir a verticalidade do animal a ser fotografado em relação à fotografia foram:

- **Posicionamento do animal no *frame*** - Todos os indivíduos que não se encontrem na zona central da imagem foram automaticamente excluídos, pois à altura de voo utilizada, este deslocamento traduz-se num desvio considerável que será tanto maior, quanto maior for a altura a que se encontre o *drone*. A esta regra impõe-se a exceção de dias com vento, em que o drone irá compensar a força do vento através de inclinação, alterando o ângulo da fotografia (como foi o caso na figura 20)

- **Equidistância das medidas** - Tendo como referência a linha da coluna vertebral do animal, foram rejeitados os indivíduos cujas medições não fossem evidentemente equidistantes desta linha. Para ser válida a imagem, a forma do animal terá que ser passível a ser inserida num retângulo em que a linha da coluna descreva aproximadamente uma linha do meio.
- Também a zona da largura abdominal deverá representar aproximadamente a zona média da medida do comprimento total do animal;

Vejamos os seguintes exemplos nos quais é notório o aumento do erro com o pior posicionamento dos animais para a fotografia (fator de grande relevância para garantir homogeneidade dos resultados, especificamente relacionado com o ângulo em que o animal é fotografado).

Tomando como exemplo a mesma fotografia selecionada anteriormente e da qual podemos observar uma porção na figura 27 (onde se encontram identificados individualmente cada animal conforme as coleiras de marcação), conhecendo a direção do vento naquele dia (seta amarela), o posicionamento exato da aeronave no momento da fotografia e através dos critérios de verticalidade descritos, podemos averiguar quais animais se encontrariam nas condições requeridas para a aplicação do método (os dois animais dentro do círculo são os únicos que respeitam todas as condições de verticalidade, considerando um dia com vento).



Figura 27 - Fração da fotografia aérea obtida, na qual se pode observar uma seta a indicar a direção do vento no momento da fotografia, seis animais identificados individualmente com as letras A, B, C, D, E e “Zero” (sem coleira), correspondentes à coleira de identificação atribuída a cada um, e dois indivíduos (B e C), posicionados de maneira favorável à utilização do método.

Fonte: O autor

#### - Animal “C”

Para este indivíduo (quadro 13), mesmo estando cumpridas as condições de verticalidade para a fotografia, o erro, ainda que aceitável, é superior ao do indivíduo B. Este pequeno desvio indicia que caso não houvesse vento, o animal não se encontraria exatamente no centro da foto mas estaria muito próximo da situação ideal.

Quadro 13 - Resultados obtidos através da aplicação do modelo desenvolvido (indivíduo C).

Experimentação C	
Peso Real (kg)	321
Comprimento (mm)	1153
Largura do peito (mm)	367
Largura da garupa (mm)	372
Largura abdominal (mm)	466
Peso estimado pelo modelo (kg)	337,03
<hr/>	
Erro (kg) (peso estimado-peso real)	11,1859
Erro percentual (%)	4,75

- Animal sem coleira (0)

Neste caso (quadro 14), e embora na fotografia não seja claro numa primeira observação, ao traçar uma linha entre a base da cauda e a zona média da inserção do pescoço (figura 28), podemos verificar que as medidas da largura do peito e garupa, não cumprem o requisito da equidistância de medidas, sendo justificável assim a crescente percentagem de erro associado à aplicação do modelo.

Quadro 14 - Resultados obtidos através da aplicação do modelo desenvolvido (indivíduo O).

Experimentação 0	
Peso Real (kg)	357
Comprimento (mm)	1200
Largura do peito (mm)	395
Largura da garupa (mm)	426
Largura abdominal (mm)	490
Peso estimado pelo modelo (kg)	390,27
<hr/>	
Erro (kg) (peso estimado-peso real)	33,2794
Erro percentual (%)	8,53



Figura 28 - Traçado aproximado da linha central do animal sem coleira.

Fonte: O autor

#### - Animal “D”

No caso do animal D (quadro 15), podemos encontrar sem problema várias violações aos critérios de elegibilidade para utilização do método. Na figura 29 estão demonstrados dois deles: o animal encontra-se encurvado, não permitindo uma correta medição do comprimento; embora que ligeiramente, a medida do perímetro abdominal não representa a zona média da medida do comprimento total do animal. Qualquer uma destas falhas, levaria à partida à exclusão deste animal, tendo-se procedido à sua análise apenas para efeitos demonstrativos.

Quadro 125 - Resultados obtidos através da aplicação do modelo desenvolvido (indivíduo D).

Experimentação D	
Peso Real (kg)	218
Comprimento (mm)	956
Largura do peito (mm)	338
Largura da garupa (mm)	354
Largura abdominal (mm)	392
Peso estimado pelo modelo (kg)	266,28
Erro (kg) (peso estimado-peso real)	48,2875
Erro percentual (%)	18,14

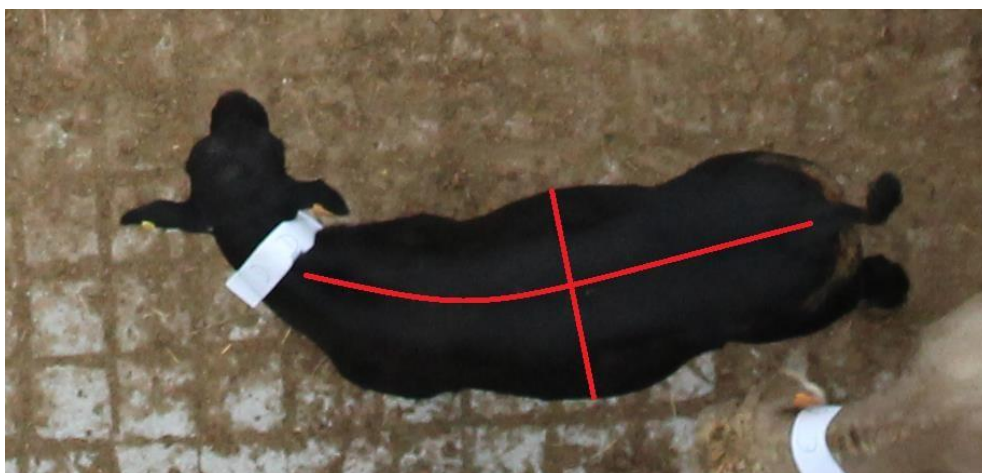


Figura 29 - Traçado aproximado da linha central e local de medição da largura abdominal

Fonte: O autor

## 6. Conclusões finais sobre o modelo

A nível de conclusões finais sobre a investigação desenvolvida e, face aos resultados obtidos, consideramos completamente válida a hipótese 1 - É possível prever o peso de peso vivo de gado bovino, através de medições efetuadas com recurso a fotografia aérea - enunciada no início desta investigação e que se encontra formulada no ponto respetivo deste documento.

De igual modo consideramos validada a hipótese 2 - O modelo estatístico resultante da interação entre o peso vivo e as medições efetuadas em fotografia de proximidade, pode continuar a funcionar com fotografias obtidas com recurso a um VANT - igualmente referida no início desta investigação e que se encontra também em ponto respetivo deste documento.

Relativamente aos resultados obtidos nesta investigação, parecem-nos muito animadores e acertados, já que a estatística obtida aponta para ótimas previsões de peso vivo através de medições possíveis de realizar apenas com uma fotografia aérea.

A maioria dos *drones* vendidos ao público geral encontram-se equipados de origem com câmaras de alta definição e com grande qualidade de imagem, o que possibilita a captação das imagens necessárias logo após a aquisição da aeronave e aprendizagem necessária.

Ficam neste trabalho descritos os passos iniciais para criar um novo método de pesagens de gado bovino, indutor de menores níveis de stress aos animais, que elimina a necessidade de mobilizar os animais do seu local de pastoreio ou descanso, menos invasivo e sem investimentos elevados quando comparados com as balanças eletrónicas e mangas de manejo.

Fica neste trabalho igualmente descrito e testado um método inovador que, além de potenciar a gestão de recursos que podem ter outras utilidades nas explorações agrícolas seja para aplicação em técnicas de agricultura de precisão ou mesmo outras aplicações zootécnicas também elas de precisão, acima de tudo, promovem o bem-estar animal, premissa obrigatória nos dias de hoje para qualquer exploração de gado seja bovino, ou de qualquer outro tipo.

## 7. Perspetivas de futura investigação

Como perspetivas de alargamento do estudo e de futura investigação consideramos relevante serem estudadas novas metodologias para a identificação individual de cada animal, com base em tecnologias de GPS ou de outro tipo de eletrónica, tais como os *beacons* (pequenos dispositivos *Bluetooth*) por exemplo, que trarão maior facilidade a este processo e até a possibilidade de ter mais informação sobre os animais (temperatura, batimentos cardíacos, movimentos gástricos para controlar a ruminação), remotamente. De modo a tornar o processo mais autónomo será imprescindível alcançar a automatização na recolha e sobretudo no processamento dos dados obtidos, com softwares de processamento de imagem especializados.

Será igualmente interessante o estudar a possibilidade de alargamento desta técnica a outras raças bovinas ou mesmo outras espécies pecuárias.

Em complementaridade com os materiais já utilizados a adição de uma câmara de infravermelhos poderá gerar um mapa tridimensional dos animais, que poderá gerar todo um novo método ao relacionar o volume de um animal com as suas medidas biométricas e o peso vivo.

Ainda a interação desta metodologia com as técnicas já dinamizadas para a agricultura de precisão podem abrir novos horizontes na gestão e rotação de pastagens, gestão de cobrições e partições ou mesmo as diversas sinergias resultantes da interação dos animais com o ambiente em que se encontrem inseridos, conjugando eficazmente as duas áreas científicas basilares para este trabalho.



## Referências Bibliográficas

Abade, A., Campos, D., Porto, L., Coelho, Y., Sousa, Y. & Nespola, J. (2015). A construção otimizada de um drone para aplicações na agricultura e pecuária de precisão. 2015. 10 p. Tese (Pós Graduação em Sistemas Mecatrônicos)- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso, Universidade Federal do Estado de Mato Grosso, Brasília.

Aberdeen-Angus Portugal. A raça. <http://www.aberdeen-angus.pt/a-raca/>. 07-01-2019. 9:12

Agroninja Beefie. The stressless cattle weighing - the revolutionary weighing procedure with beefie™. <http://agroninja.com>. 29-01-2019 12:04

Air Drone Craze. (2019). TOP 12 NON MILITARY USES FOR DRONES. <https://airdronecraze.com/drones-action-top-12-non-military-uses> 07-01-2019. 19:47

ANIDOP – ANIMAIS DOMÉSTICOS DE PORTUGAL. (2017). Raças Autóctones de Bovinos em Portugal. Portugal.

Associação de criadores de Limousine. Qualidades produtivas da raça Limousine. Portugal. <http://www.limousineportugal.com/conteudo.php?idm=2>. 07-01-2019 22:14

Associação portuguesa de criadores de raça frisia. Valores Globais do Contraste Leiteiro em Portugal Continental. [http://www.apcrf.pt/fotos/editor2/final\\_valores\\_globais.pdf](http://www.apcrf.pt/fotos/editor2/final_valores_globais.pdf). 07-01-2019 21:57

Associação portuguesa da raça Charolesa. Características da raça Charolesa. Portugal.

AVFORUMS. Tarot 680 Pro. <https://www.avforums.com/threads/tarot-680-pro-hex-copter-with-fpv.2044285/>. 29-01-2019. 15:17

Banhezi, T., Babinsky, L., Halas, V. & Tschärke, M. (2012). Precision Livestock Farming: Precision feeding technologies and sustainable animal production. Int J Agric & Biol Eng. 5(4).

Berckmans, D. (2014). Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Revista sci. tech. Off. int. Epiz.* 33 (1), 189- 196.

Bugge, C., Burkhardt, J., Dugstad, K., Enger, T., Kasprzycka, M., Kleinauskas, A., Myhre, M., Scheffler, K., Ström, S. & Susanne, V. (2011). Biometric methods of animal identification. Norwegian School of Veterinary Science: Norecopa.

CANON.

[https://www.canon.pt/for\\_home/product\\_finder/cameras/digital\\_slr/eos\\_1200d/](https://www.canon.pt/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_1200d/). 20-01-2019 12:48

Cook, R. World Beef Production: Ranking Of Countries.

<https://beef2live.com/story-world-beef-production-ranking- countries-0-106885>. 20-01-2019 21:55

DELAVAL. Introducing DeLaval body condition scoring BCS.: Daily, automatic scoring of your cows. Suécia. <https://www.delaval.com/globalassets/inriver-resources/document/brochure/delaval-body-condition-scoring-bcs.pdf> 25-01-2019 19:13

DJI. Phantom 4 Pro. Shenzhen. <https://www.dji.com/pt/phantom-4-pro>. 29-01-2019. 12:42

DJI. Spreading Wings S900. Shenzhen. <https://www.dji.com/pt/spreading-wings-s900>. 29-01-2019. 12:29

DRONES - From military to civilian. <https://goo.gl/5wnfV8>. 08-06-2018.

DRONES for Precision Agriculture: Drone Technology Development Program for Precision Agriculture Aims to Help Farmers Reduce Environmental Impact and Increase Crop Yields. <https://goo.gl/uY9VZd>. 17-12-2018 19:49

Eversole, D., Browne, M., Hall, J., & Dietz, R. (2009). Body Condition Scoring Beef Cows. College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, publication 400-791.

FAO. Se o atual ritmo de consumo continuar, em 2050 mundo precisará de 60% mais alimentos e 40% mais água.

<<https://nacoesunidas.org/fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisara-de-60-mais-alimentos-e-40-mais-agua/>>. 07-11-2018 14:09

Fonseca, M., Tedeschi, L., Filho, S., Paula, N., Villadiego, F., Junior, J., Abreu, D., Chizzotti, M. (2017). "Assessment of body fat composition in crossbred Angus × Nellore using biometric measurements" Journal of animal science vol. 95,12: 5584- 5596.

Fintan, C. Multispectral Imaging Camera Drones In Farming Yield Big Benefits. <<https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/multispectral-sensor-drones-in-farming-yield-big-benefits/>>. 07-01-2019 00:12

Fisher, R. (1935). The Design of Experiments. New York : Hafner Press.

Gallagher. Nova Zelândia. Weigh scale W610 v2. 2018.

[https://www.gallagher.eu/en\\_gb/weigh-scale-w610-v2](https://www.gallagher.eu/en_gb/weigh-scale-w610-v2). 29-01-2019 13:56

Gomes, A. (no prelo). A classificação da condição corporal em vacas aleitantes.

González, L., Kyriazakis, I. & Tedeschi, L. (2018). Review: Precision nutrition of ruminants: approaches, challenges and potential gains. THE ANIMAL CONSORTIUM, 2018, Cambridge. Animal.

Halley, P. Agriculture – Beef Cattle.

<http://dallasphalley.blogspot.com/2014/02/conception-rates.html>. 29-01-2019 22:38

IMAGEJ. Image Processing and Analysis in Java. <https://imagej.nih.gov/ij/>. 29-01- 2019 23:50

Irish Angus Cattle Society. Irlanda. Why Angus?.

[http://www.irishangus.ie/html/why\\_angus.html](http://www.irishangus.ie/html/why_angus.html). 07-01-2019 16:17

Joshi, D. Exploring the latest drone technology for commercial, industrial and military drone uses. <http://www.businessinsider.com/drone-technology-uses-2017-7>. 02-06-2018 15:25

Khan, H., Zamin, S., Rind, M. Rind, R. & Riaz, M. (2003). Use of Shaeffer's Formula for the Prediction of Body Weight of Slaughtering Cattle. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2: 176-178

Laven, R. Cow Body Condition Score BCS and Fertility Performance in Dairy Herds. <http://www.nadis.org.uk/disease-a-z/cattle/fertility-in-dairy-herds-advanced/part-9-cow-body-condition-score-bcs-and-fertility-performance-in-dairy-herds/>. 07-01-2019. 10:37

Long, S. DRONES AND PRECISION AGRICULTURE: THE FUTURE OF FARMING. <https://goo.gl/9uweLC>. 17-12-2018 18:13

Lukuyu, M., Gibson, J., Savage, D., Duncan, A., Mujibi, F. & Okeyo (2016). Use of body linear measurements to estimate liveweight of crossbred dairy cattle in smallholder farms in Kenya. *SpringerPlus*, 5(63)

Mello, L. Os Drones na Segunda Guerra Mundial. <https://fatosmilitares.com/os-drones-na-segunda-guerra-mundial/>. 29-01-2019 11:50

Meola, A. Exploring agricultural drones: The future of farming is precision agriculture, mapping, and spraying. *Business Insider*. <https://goo.gl/R4xXWv>. 19-12-2018.

Mollah, M., Hasan, M., Salam, M. & Ali, M. (2010). Digital image analysis to estimate the live weight of broiler. *Computers and Electronics in Agriculture*. 72(1), 48–52.

Monitoramento de rebanhos bubalinos com veículo aéreo não tripulado. (2015). São Paulo, Brasil. <https://goo.gl/rTpgMy>. 27-02-2018 14:12

Newsrep. The Drone Pilot Who Watched Osama Bin Laden Walk Away.  
<https://thenewsrep.com/50089/drone-pilot-watched-osama-bin-laden-walk-away/>. 29-01-2019. 13:55

O QUE é RFID?. *Ncontrol*. <http://www.ncontrol.com.pt/o-que-e-rfid.html>. 16-11-2018. 12:59

Paula, N., Tedeschi, L., Paulino, M., Fernandes, H & Fonseca, M. (2013). Mato Grosso do Sul, Brasil. Predicting carcass and body fat composition using biometric measurements of grazing beef cattle. *Journal of animal science*

Pistori, H. (2011). *Pecuária de precisão como fator de desenvolvimento local da região do alto Taquari*. Tese de Mestrado em Desenvolvimento Local. Universidade Católica Dom Bosco.

Priefert. (2018). Squeeze Chutes – Model S04.  
<https://www.priefert.com/products/squeeze-chutes-and-accessories/squeeze-chutes-model-s04>. 29-01-2019 17:35

Resende, S. O que é ndvi e qual sua aplicação na agricultura. Pixforce.  
<https://pixforce.com.br/o-que-e-ndvi/>. 07-01-2019.

Rodrigues, A. (2004). A Produção Bovina Extensiva em Portugal. Em: Livro de Comunicações e Resumos, II Jornadas de Bovinicultura, UTAD. (pp. 17-18). Vila Real, Portugal

Rodrigues, A. (no prelo). *Sistemas de produção de bovinos de carne em Portugal*.

Ruechel, J. The Stickiness of Livestock Stress. <https://www.grass-fed-solutions.com/livestock-stress.html>. 7-11-2018 15:26

Schofield, C.(1990). Evaluation of image analysis as a means of estimating the weight of pigs. Journal of Agricultural Engineering Research, 47, 287–296

Sociedade portuguesa de recursos genéticos animais .Portugal. Bovinos.

<<http://www.sprega.com.pt/conteudo.php?idesp=bovinos>>. 07-01-2019 12:15

Sorin, M., Senyuk, S., Gelernter, D. & Cooper, J. Drones - From military to civilian. Deloitte. <[https://www2.deloitte.com/il/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/drones\\_from\\_military\\_to\\_civilian.html](https://www2.deloitte.com/il/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/drones_from_military_to_civilian.html)>. 07-01-2019 15:34

Staff, IWM. A brief history of drones. <https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>>. 24-05-2018 16:48

Stewart, L., Dyer, T. Body Condition Scoring Beef Cows. [http://www.cowbcs.info/pdf/BCS\\_update.pdf](http://www.cowbcs.info/pdf/BCS_update.pdf). 7-11-2018 18:25

SYMA. Syma X5C. <https://www.amazon.com/Channel-2-4GHz-Explorers-Copter-Camera/dp/B00MNG37C2>. 29-01-2019 11:18

TOP 12 non military uses for Drones. AirDroneCraze.

<<https://airdronecraze.com/drones-action-top-12-non-military-uses/>>. 16-11-2018. 17:39

Treston, G. (2015). 15 Things You Should Know About Angus Cattle. <<https://www.thatsfarming.com/news/angus-cattle-cow-breed>>. 07-01-2019 19:42

Trutest. (2018) INDICADOR XR5000.

<http://www.trutest.com.br/trutest/indicador+xr5000>. 29-01-2019. 20:02

Pundir, R., Singh, P., Dang, P. & Singh, P. ( 2011). Factor Analysis of Biometric Traits of Kankrej Cows to Explain Body Conformation. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 24(4): 449-456

Wangchuk, K., Wangdi, J., Mindu, M. (2018). Comparison and reliability of techniques to estimate live cattle body weight. 2018. *Journal of applied animal research.* 46:349-352

Wongsriworaphonw, A., Arnonkijpanicha, B. & Pathumnakul, S. (2015). An approach based on digital image analysis to estimate the live weights of pigs in farm environments. *Computers and Electronics in Agriculture.* 115: 26–33.

Woods, C. The Story of America's Very First Drone Strike: The CIA's then-secret weapon missed Taliban leader Mullah Omar, starting a bureaucratic fight that has lasted 14 years. <https://goo.gl/wHdqqk>. 16-11-2018 19:50

Wythes, J. Liveweight loss and recovery in cattle  
<https://futurebeef.com.au/knowledge-centre/liveweight-loss-and-recovery-in-cattle/>. 28-01-2019 14:54

2050: A escassez de água em várias partes do mundo ameaça a segurança alimentar e os meios de subsistência. 2019.  
<<http://www.fao.org/news/story/pt/item/283456/icode/>>. 07-11-2018 17:28